

Estudo de uma ocorrência cuprífera associada a pegmatito e *skarn* na região do “Domo da Coruja”, Parelhas/RN

Study of a copper-rich occurrence associated with pegmatite and skarn in the “Domo da Coruja” region, Parelhas/RN

Aline Naira de Azevêdo Guimarães ¹, Sebastião Rodrigo Cortez de Souza ¹, João Adauto de Souza Neto ^{1,2} Daniel Delduque de Noronha ¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Departamento de Geologia – DGEO, Laboratório de Estudos Metalogenéticos Aplicados - LEMA. ² Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, 50.740-550, Brasil. e-mail: alineguimaraes.geo@gmail.com, rodrigo.cortez@ufpe.br, joao.souzant@ufpe.br, noronha.geologia@gmail.com.

<https://doi.org/10.51359/1980-8208.2024.264140>

RESUMO

A Faixa Seridó, situada na porção nordeste da Província Borborema, abriga importantes mineralizações de Au em veios de quartzo, de Nb-Ta, Li, Be, Sn, U, ETR e gemas em pegmatitos, e de W-Mo & Au-Ag-Bi-Te em *skarns*. Ocorrências de Cu, objetivo deste estudo, foram mapeadas em pegmatitos e *skarns* localizados dentro de uma estrutura dômica denominada “Domo da Coruja”, associadas ao campo pegmatítico de Mufumbo-Trigueiro, distante cerca de 16 km a nordeste do município de Parelhas (RN). Litologicamente, a área é caracterizada por muscovita quartzitos e quartzitos feldspáticos da Formação Equador, que ocorrem sobrepostos por paragnaisses e anfibolitos da Formação Jucurutu. Este conjunto é capeado por granada-biotita xistos da Formação Seridó, na base da sequência, e granada-cordierita-biotita xistos que ocorrem intercalados com cordierita-biotita xistos, representando o topo da Formação Seridó na área. Corpos pegmatíticos e veios de quartzo intrusivos, de idade Ediacarana-Cambriana, completam o quadro litoestratigráfico. As ocorrências de Cu são encontradas no contato entre paragnaisses/anfibolitos com pegmatitos, que após serem afetadas por processos metassomáticos produziram, localmente, *skarns*. As mineralizações de Cu ocorrem principalmente como fases minerais secundárias (malaquita $(\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3)$ e crisocola $(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_{4.n}(\text{H}_2\text{O})$) preenchendo fraturas e vênulas nos corpos pegmatíticos e paragnaisse/anfibolitos encaixantes. A mineralogia primária que indica a presença de cobre no sistema fora caracterizada macro e microscopicamente como djurleíta ($\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$) em microfraturas e *vugs* nos pegmatitos, e calcopirita (CuFeS_2) no *skarn*. A presença desses minerais-minério de Cu nos litotipos mapeados indicam uma potencialidade metalogenéticas a ser considerada em campanhas de prospecção mineral futuras, sobretudo, devido à associação geoquímica polimetálica existente a entre Cu e Bi-Au-Ag-Te na Faixa Seridó.

Palavras-chave: província borborema; faixa seridó; mineralização de cobre; pegmatito; *skarn*.

Recebido em 05/09/2024. Aprovado em 19/09/2024.



Este artigo está sob uma [Licença Creative Commons 4.0 Internacional - CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ABSTRACT

The Seridó Belt, located in the northeastern portion of the Borborema Province, hosts important mineralizations of Au in quartz veins, Nb-Ta, Li, Be, Sn, U, REE and gems in pegmatites, and W-Mo & Au-Ag-Bi-Te in skarns. Cu occurrences, the objective of this study, were mapped in pegmatites and skarns located within a dome structure called “Domo da Coruja”, associated with the Mufumbo-Trigueiro pegmatite field, approximately 16 km northeast of the municipality of Parelhas (RN). Lithologically, the area is characterized by muscovite quartzites and feldspathic quartzites of the Equador Formation, which occur overlain by paragneisses and amphibolites of the Jucurutu Formation. This set is capped by garnet-biotite schists of the Seridó Formation, at the base of the sequence, and garnet-cordierite-biotite schists that occur intercalated with cordierite-biotite schists, representing the top of the Seridó Formation in the area. Pegmatite bodies and intrusive quartz veins of Ediacaran-Cambrian age complete the lithostratigraphic chart. Cu occurrences are found at the contact between paragneisses/amphibolites and pegmatites, which after being affected by metasomatic processes producing, locally, skarns. Cu mineralization occurs mainly as secondary mineral phases (malachite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) and chrysocolla ($(\text{Cu},\text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4.n(\text{H}_2\text{O})$) filling fractures and veins in the pegmatite bodies and host paragneisses/amphibolites. The primary mineralogy indicating the presence of copper in the system was characterized macro and microscopically as djurleite ($\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$) in microfractures and vugs in the pegmatites, and chalcopyrite (CuFeS_2) in the skarn. The presence of these Cu ore minerals in the mapped lithotypes indicates a metallogenetic potential to be considered in future mineral prospecting campaigns, especially due to the polymetallic geochemical association between Cu and Bi-Au-Ag-Te in the Seridó Belt.

Keywords: borborema province; seridó belt; copper mineralization; pegmatite; skarn.

1. INTRODUÇÃO

A Faixa Seridó (FSe) (Jardim de Sá, 1994), é conhecida por abrigar depósitos polimetálicos de grande importância econômica, como as mineralizações de W-Mo & Au-Ag-Bi-Te em *skarns*, ouro em veios de quartzo (Souza Neto et al., 2008; Santos et al., 2014), além dos pegmatitos mineralizados da Província Pegmatítica do Seridó (PPS) (Santos et al., 2014), constituídos por columbita-tantalita e berilo (Nb-Ta-Be), espodumênio-cassiterita (Li-Sn), além da ocorrência de bismuto nativo, bismutinita, U, ETR e a presença de gemas como turmalinas (e.g. Azul Paraíba) e águas marinhas (Beurlen et al., 2011, 2014; Santos et al., 2014; Souza et al. 2022).

Também na FSe se localiza a Faixa Cuprífera do RN-PB ou “RN-PB *Copper Belt*”, denominada por Cavalcanti Neto (2008), que compreende uma extensa

faixa com diversas ocorrências minerais em cobre (e outros metais associados), caracterizadas principalmente pelo preenchimento de minerais secundários de cobre nos planos de fratura. Possui aproximadamente 50 km de extensão com direção NE-SW, ocorrendo de forma não contínua, localizada no flanco leste do antiforme regional da Serra das Umburanas.

Em virtude dessa diversidade de mineralizações com processos mineralizantes distintos, elegeu-se como objeto de uma área situada nas adjacências do braquiantiforme quartzítico conhecido como Domo da Coruja, porção leste do Campo Pegmatítico Mufumbo-Trigueiro, onde mineralizações secundárias e primárias de cobre que ocorrem associadas a pegmatitos, *skarns* e suas rochas encaixantes.

O presente trabalho tem como objetivo principal o mapeamento geológico de semi-detalle dos litotipos que hospedam as ocorrências cupríferas, visando estabelecer a contribuição das rochas encaixantes e possíveis eventos tectônicos, magmáticos e hidrotermais no processo mineralizador, mediante a caracterização petrográfica e mineralógica das rochas aflorantes na área.

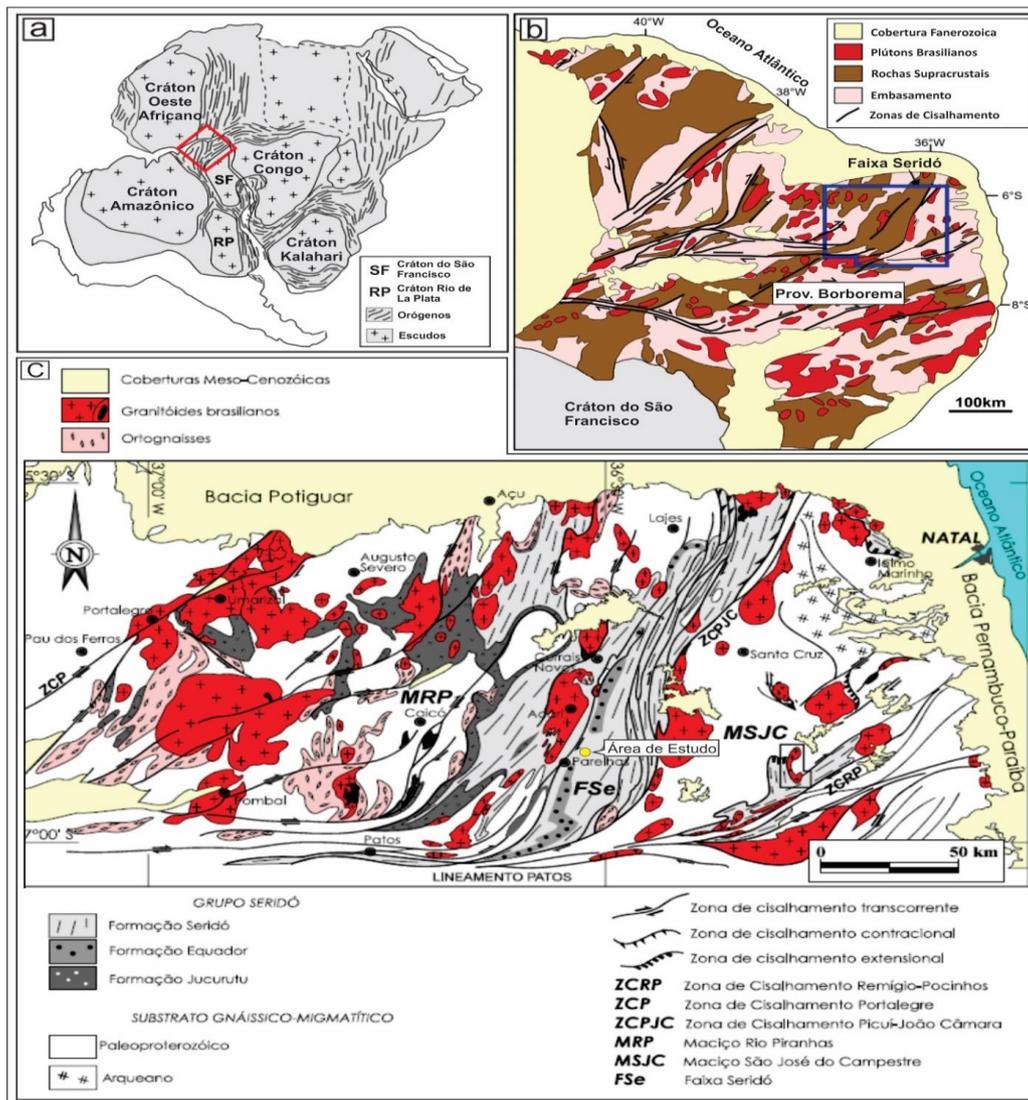
2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1. Faixa Seridó

A FSe é uma faixa móvel dobrada de direção NE-SW e com aproximadamente 200 km de extensão e 30-70 km de largura, localizada no Domínio Rio Grande do Norte, na porção nordeste da Província Borborema (PB) (**Figura 1**). É coberta por rochas sedimentares cretáceas da Bacia Potiguar a norte e limitada a sul pela Zona de Cisalhamento transcorrente destal Patos, de direção E-W, a leste pela Zona de Cisalhamento transcorrente destal Picuí-João Câmara, de direção NNE-SSW, que marca o contato seu com o embasamento gnáissico-migmatítico Arqueano-Paleoproterozoico (Caby et al., 1995; Jardim de Sá et al., 1995; Van Schmus et al., 2003; Dantas et al., 2004; Cioffi et al., 2021).

A faixa compreende uma sequência metassedimentar neoproterozoica (Grupo Seridó) (**Figura 1C**), depositada discordantemente sobre um embasamento paleoproterozoico com 2,1–2,4 Ga de idade, denominado Complexo Caicó, que inclui, localmente, o núcleo Arqueano (Dantas et al., 2004; Souza Neto et al., 2008; Hollanda et al., 2011) e é intrudida por diversos plútons graníticos ediacaranos-cambrianos e pegmatitos cambrianos (Hollanda et al., 2017; Sallet et al., 2021).

A evolução tectônica e metamórfica da FSe é amplamente dominada pela Orogenia Brasileira (ca. 625-510 Ma) que afetou todas as unidades geológicas e promoveu fusão parcial (processo de migmatização) e grandes zonas de cisalhamento transcorrentes (Van Schmus et al., 2003), podendo ser sintetizada em três fases deformacionais principais, D₁, D₂ e D₃ (Jardim de Sá, 1994). O evento deformacional mais antigo, D₁, produziu um bandamento gnáissico com processos de migmatização (S₁), restrito à unidade do embasamento e variavelmente afetada pelos eventos D₂ e D₃ subsequentes (Araújo et al., 2001). O evento D₂ é associado a uma antiga tectônica de empurrão, no qual o bandamento gnáissico S₁ do Complexo Caicó, bem como o acamamento S₀ das rochas metassedimentares do Grupo Seridó, foram dobrados, gerando dobras recumbentes isoclinais (F₂) que produziram uma foliação de mergulho suave (S₂) (Araújo et al., 2001; Archanjo et al., 2013). Este evento está associado ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento de baixo ângulo, nappes transportadas para S-SE e à colocação sin-tectônica de granitoides de 1,9 Ga (Jardim de Sá, 1994; Jardim de Sá et al., 1995), coevos com a Orogenia Transamazônica-Eburniana (Archanjo et al., 2013). O evento D₃ representa a principal fase de deformação da FSe, caracterizada por um regime transcorrente destal (Jardim de Sá, 1994; Jardim de Sá et al., 1995), enquanto na porção mais central, predomina uma tectônica transpressiva destal (Vauchez et al., 1995; Archanjo et al., 2002; Souza et al., 2007). A fase D₃ é caracterizada pela geração de sinformes e antiformes F₃, verticais abertas à apertadas, com eixos de direção geral NNE-SSW, paralelos às zonas de cisalhamento associadas (Araújo et al., 2001).



2.2. Grupo Seridó

O Grupo Seridó é constituído por uma sequência metassedimentar originada na Orogenia Brasiliana e representa uma gradação de uma unidade carbonática-psamítica-pelítica proximal para uma sequência metaturbidítica distal (Hollanda et al., 2015). A litoestratigrafia deste grupo pode ser dividida da base para o topo em: (1) Formação Jucurutu, que consiste em metacarbonatos impuros, gnaisses calcissilicáticos, paragneisses, quartzitos impuros e anfíbolitos; (2) Formação Equador, formada por quartzitos com intercalações de

metaconglomerados; (3) Formação Seridó, constituída por rochas metapelíticas que variam de filitos a micaxistos (e.g. Jardim de Sá & Salim, 1980; Jardim de Sá, 1994; Caby et al., 1995; Van Schmus et al., 2003). A coluna litoestratigráfica da FSe ainda é alvo de debate, acompanhado por algumas controversas, como no trabalho de Hollanda et al. (2015) onde a Formação Equador é colocada como sendo a base da sequência metassedimentar.

3. METODOLOGIA

As imagens aerogeofísicas utilizadas neste trabalho foram provenientes do Projeto Aerogeofísico Paraíba-Rio Grande do Norte, executado no ano de 2010, com espaçamento de linhas de voo N-S (Norte-Sul) de 500 m e altura de voo de 100 m, e foram obtidas gratuitamente no website do Serviço Geológico Brasileiro (<https://geosgb.sgb.gov.br/>).

Durante as etapas de mapeamento geológico foram cadastrados 79 afloramentos, acompanhados pela coleta de dados litológicos, mineralógicos e estruturais. Os dados obtidos na etapa de campo foram integralizados para a confecção de mapa e perfil geológicos, que se deu com auxílio de softwares como *ArcMap*® 10.8 e *Corel Draw*® 2018. Dez (10) amostras de rochas foram selecionadas para confecção de lâminas delgadas/polidas e análises petrográficas, confeccionadas pela empresa Geolab Ltda. A descrição das mesmas foi realizada com o auxílio de microscópio petrográfico de luz transmitida e refletida, Olympus BX-40, com sistema de câmera acoplado, pertencente ao Laboratório de Estudos Metalogenéticos Aplicados (LEMA), do Departamento de Geologia (DGEO/UFPE).

4. ASSINATURA AEROGEOFÍSICA DA REGIÃO

4.1. Aeromagnetometria

A interpretação dos dados aeromagnéticos da área mapeada e suas adjacências, baseou-se no mapa de amplitude do sinal analítico (ASA), que apresentou melhor resultado para visualização de estruturas e possíveis limites litológicos (**Figura 2**).

Na porção sul do mapa as principais anomalias magnéticas apresentam um *trend* principal E-W, enquanto nas porções norte e central concentram-se os alinhamentos NW-SE com anomalias positivas de alta amplitude. A parte oriental da área apresenta anomalias positivas com um *trend* N-S que reflete a estruturação da Zona de Cisalhamento Frei Martinho de cinemática dextral que aflora na região. Alinhamentos que se assemelham a dobramentos são evidentes na porção sudoeste do mapa e correspondem a extremidade norte da Serra das Queimadas, formada por quartzitos e metaconglomerados da Formação Equador. Na área de estudo (retângulo preto) predominam anomalias de baixa amplitude, com um alinhamento positivo de *trend* NW-SE.

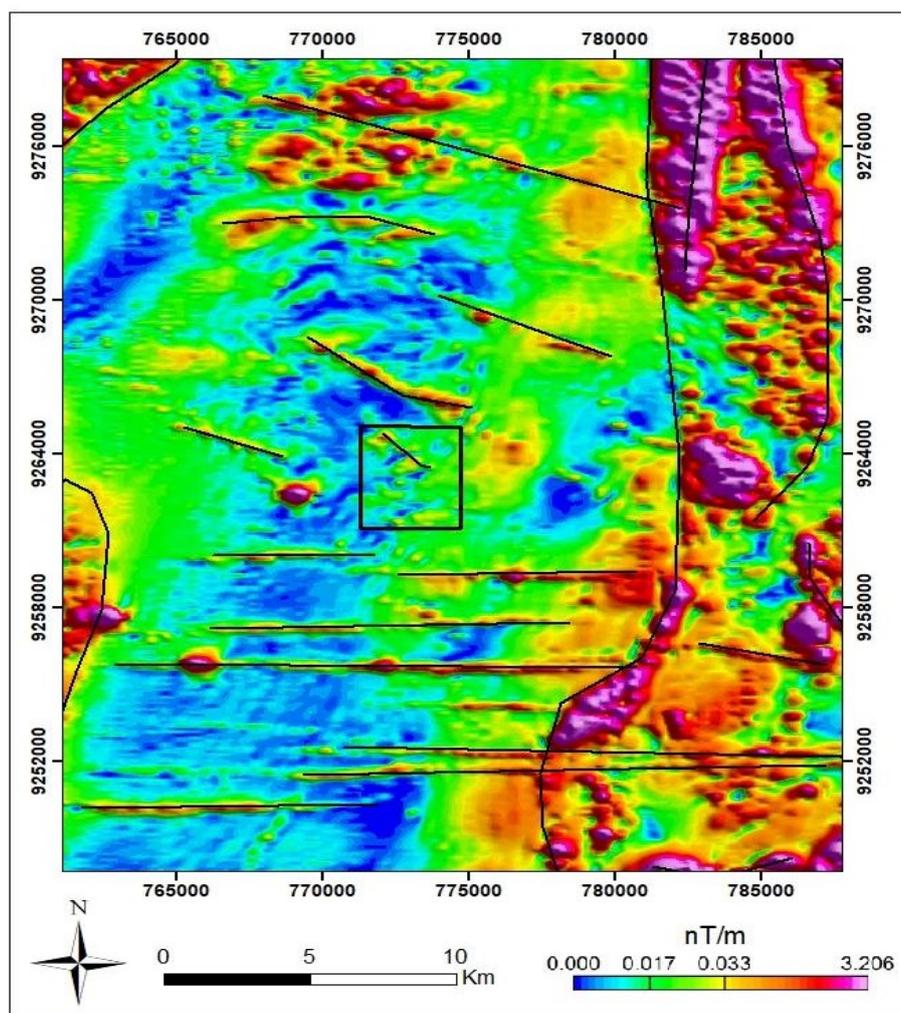


Figura 2. Mapa aeromagnetométrico de Amplitude do Sinal Analítico (ASA), com interpretação das principais estruturas. O retângulo preto na porção central do mapa representa a área de estudo. Fonte: Autores (2024).

4.2. Aerogamaespectrometria

Os canais individuais de K, eTh e eU são exibidos nos mapas da **Figura 3**. Na porção oriental da área, anomalias muito altas de K, eTh e eU orientadas preferencialmente N-S, correspondem à corpos de granitos pegmatíticos. As anomalias com valores altos de K e eTh na porção norte dos mapas (**Figura 3A, B**) estão relacionadas aos quartzitos da Formação Equador. As anomalias de K, eTh e eU muito elevados no setor nordeste são atribuídas aos sienogranitos a monzonitos do Plúton Acari. No mapa do canal de potássio, a anomalia positiva na

porção sudoeste corresponde a Serra das Queimadas, que se trata de um braquianteforme regional com quartzitos no núcleo. As anomalias muito baixas de K, eTh e eU apresentando formatos parecidos, na porção sudoeste correspondem ao Açude Boqueirão. A área de estudo (retângulo branco) é caracterizada por uma anomalia muito elevada de eU na porção nordeste (**Figura 3C**), que pode estar associada aos corpos pegmatíticos e anomalia alta de K mais na porção central da área (**Figura 3A**), associada com os quartzitos da Formação Equador.

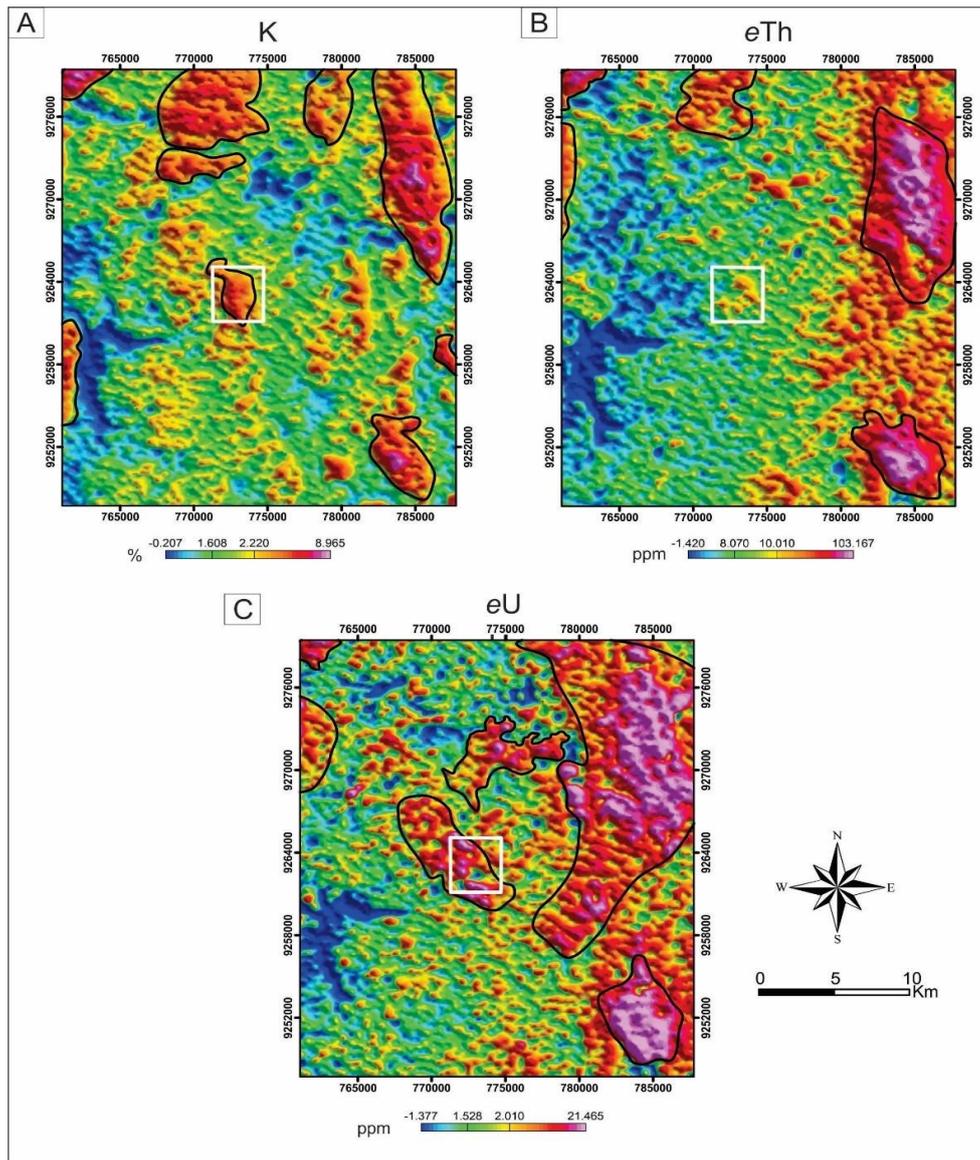


Figura 3. Mapas aerogamaespectrométrico, com interpretação das principais estruturas e contatos litológicos. Canais de K (A), eTh (B) e eU (C). O retângulo branco na região central representa a área de estudo. Fonte: Autores (2024).

A interpretação visual em conjunto com os dados aerogamaespectrométricos de contagem individual dos radioelementos K (%), eTh (ppm) e eU (ppm) em um mapa de composição ternária RGB (*red, green, blue*) (**Figura 4A**) possibilitou a demarcação de oito domínios em relação à composição proporcional dos três radioelementos (**Figura 4B**).

O domínio D1 possui alto teor de K e baixo eTh e eU, ocorrendo nas porções norte, sudeste e sudoeste do mapa e na coloração vermelho escuro. O domínio

D2, de coloração alaranjada, por vezes, esbranquiçado, apresenta teor alto de K, médio eTh e baixo eU, ocorrendo nas porções central, norte e leste do mapa. O domínio D3 apresenta coloração esbranquiçada, ocorre principalmente na parte oriental do mapa e é caracterizado por valores equivalentes de K, eTh e eU. O domínio D4, de coloração azul ciano, ocorre na porção nordeste e é caracterizado por médios teores de eTh e eU e baixo K. O domínio D5 ocupa a maior parte do mapa, apresenta médios teores de K e eU e baixo eTh e se evidencia na cor violeta. O domínio D6, de coloração

azul turquesa e situado principalmente na porção oriental, apresenta teores médio a alto eTh, médio eTh e baixo K. O domínio D7 apresenta coloração azul escuro e teores altos de eU e baixos de K e eTh, ocorre na porção ocidental do mapa e pode estar associado aos canais de drenagem presentes na região. Por fim, o domínio D8, de cor preta, apresenta baixos teores dos três radioelementos e forma similar com as observadas nos

mapas individuais dos radioelementos K (%), eTh (ppm) e eU (ppm), correspondendo ao Açude Boqueirão.

A área de estudo, é caracterizada pelo domínio D2 na porção central, que corresponde aos quartzitos da Formação Equador, e pelo domínio D5 em todo restante da área que corresponderia aos micaxistos da Formação Seridó.

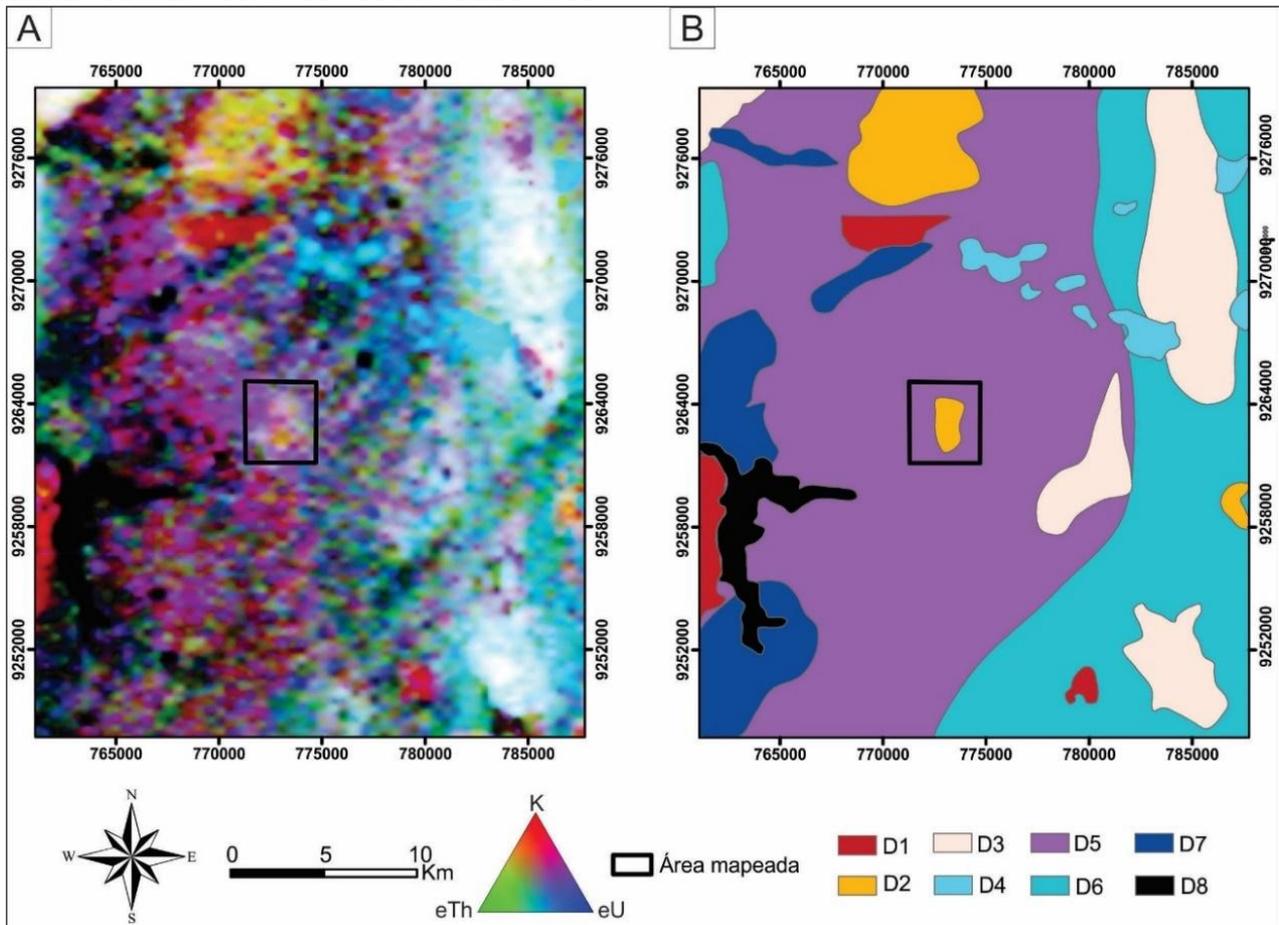


Figura 4. A) Mapa aerogamaespectrométrico de composição ternária RGB (K, eTh e eU) com B) os domínios gamaespectrométricos interpretados. O retângulo preto delimita a área de estudo. Fonte: Autores (2024).

5. RESULTADOS

5.1. Geologia da Região do Domo da Coruja

O mapeamento geológico de semidetalhe foi realizado em uma área de 20 km², na escala 1:15.000, onde afloram litotipos correspondentes às rochas do

Grupo Seridó, identificadas como pertencentes às Formações Equador (NP3se), Jucurutu (NP3sj) e Seridó (NP3ss), além de veios de quartzo (εγq) e diques pegmatíticos (εγp), apresentados na **Figura 5**.

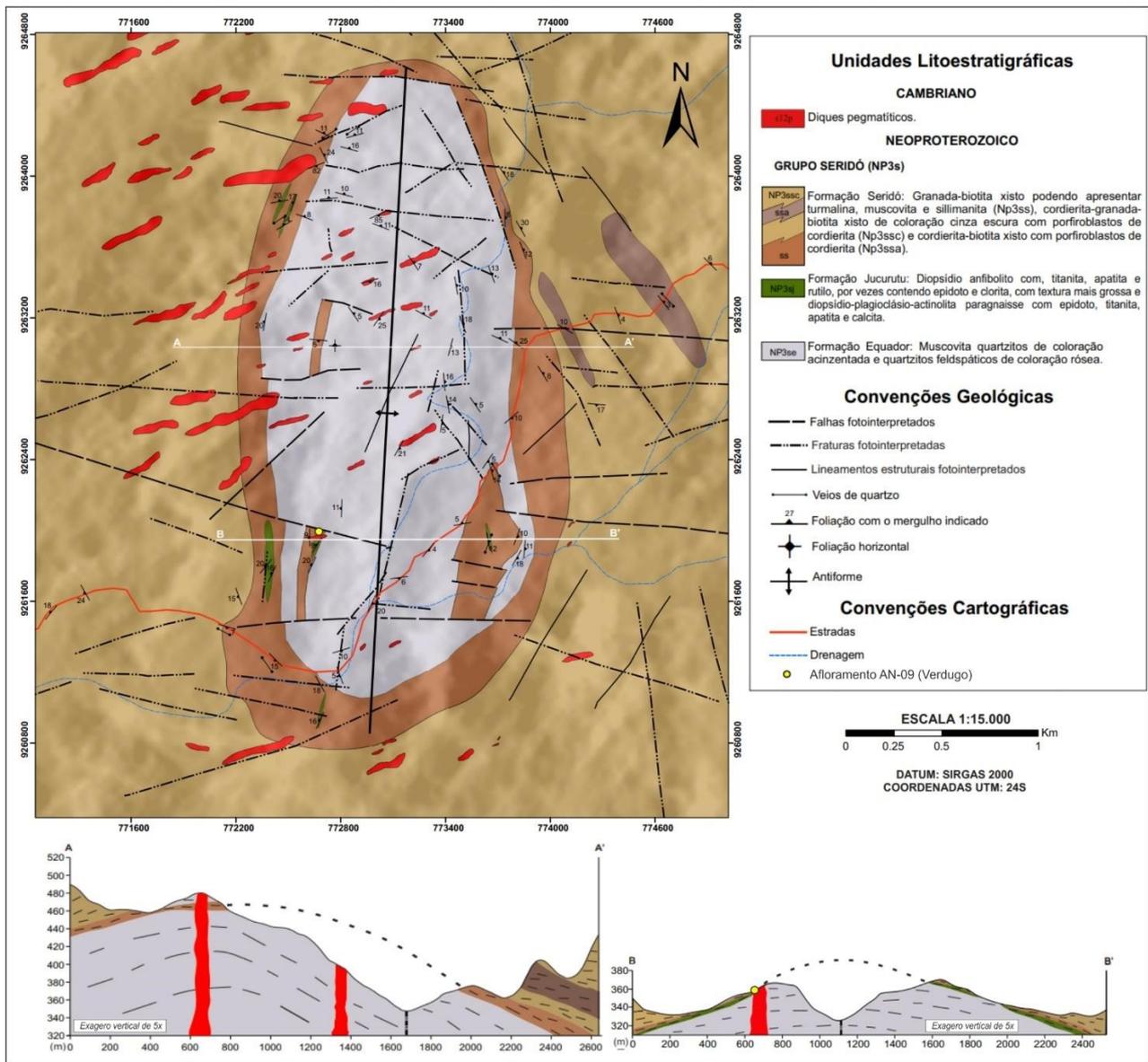


Figura 5. Mapa geológico da área mapeada do Domo da Coruja e seus perfis geológicos. Fonte: Autores (2024).

5.1.1. Formação Equador (NP3se)

Os litotipos da Formação Equador afloram na porção centro-norte e centro-sul da área, constituindo o núcleo do braquiantiforme denominado Domo da Coruja (Figura 5). Litologicamente, é caracterizada por muscovita quartzitos e quartzitos feldspáticos. Os muscovita quartzitos são a litologia mais comum e possuem coloração cinza esbranquiçada a bege (Figura 6A, B), dependendo do nível de alteração, granulação fina a média e textura lepidoblástica, aparente nos planos de foliação da rocha e definida

pela porcentagem de quartzo e muscovita. Apresentam-se bastante fraturados (Figura 6A), por vezes intrudidos por veios de quartzo (Figura 6B, D e E), com ocorrências de minerais opacos (ilmenita). Os quartzitos feldspáticos possuem coloração acinzentada e rosada (Figura 6C), e são compostos essencialmente por quartzo, seguido de muscovita, feldspato alcalino, podendo conter minerais opacos, como ilmenita. Possuem uma textura maciça e apresentam algumas estruturas sedimentares do seu protólito preservadas, como as estratificações cruzadas (Figura 6F).

São intrudidos por diques de pegmatitos com dimensões variadas, com direção preferencial NE-SW, perpendiculares à foliação. Em alguns

afloramentos foi possível observar xenólitos de quartzitos nos corpos pegmatíticos.

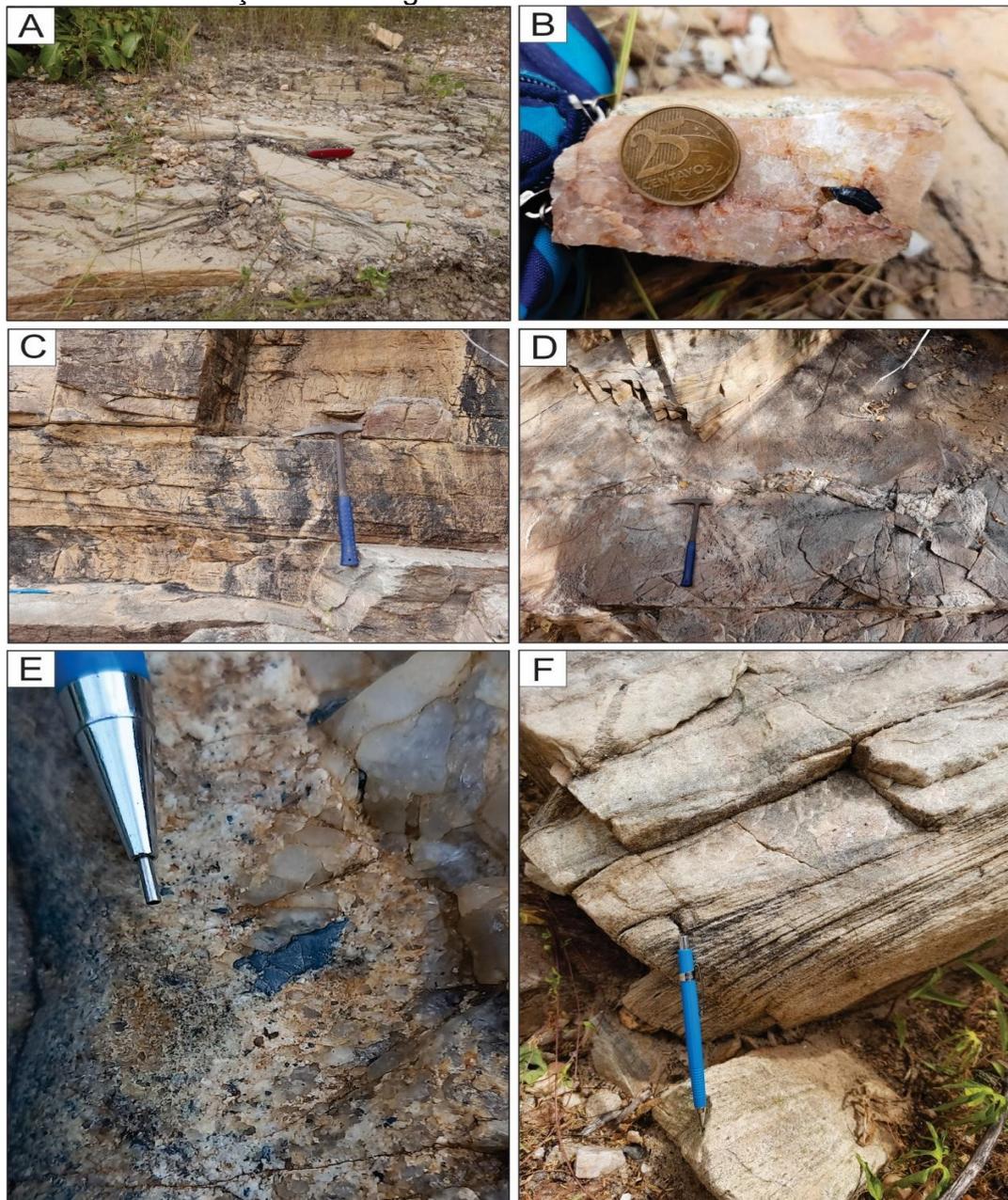


Figura 6. A) Muscovita quartzito foliado e fraturado. B) Ilmenita subédrica em veio de quartzo cortando quartzito. C) Quartzito feldspático maciço de coloração rósea e com estratificações cruzadas preservadas. D) Quartzito intrudido por veio de quartzo leitoso. E) Ilmenita anédrica em exudado de quartzo no quartzito. F) Quartzito apresentando estruturas do seu protólito (estratificações cruzadas) preservadas. Fonte: Autores (2024).

5.1.2. Formação Jucurutu (NP3sj)

A Formação Jucurutu aflora na forma de blocos rolados, exposições de cortes de estradas e de trincheiras/cavas de garimpos nas porções noroeste,

sudeste e sudoeste da área (**Figura 5**). É caracterizada, litologicamente, pela ocorrência de paragnaisse, anfíbolito e, localmente, *skarn*. O paragnaisse forma lentes, em geral submétricas, em contato concordante com o micaxisto da

Formação Seridó e é composto por quartzo e plagioclásio nas bandas félsicas, enquanto as bandas máficas são constituídas essencialmente por anfibólio (actinolita e hornblenda) e epidoto (**Figura 7A**). O anfibolito ocorre preferencialmente na forma de blocos rolados, nas adjacências de corpos pegmatíticos, possui cor verde escura e é constituído essencialmente por actinolita, que apresenta textura equigranular e hábito fibro-radial (**Figura 7B**). O *skarn* é

tipicamente um produto de metassomatismo. Sua cor predominante é verde clara, possui dimensão submétrica e em geral está encaixado concordantemente às rochas anfibolítica, e localmente, paragneisse, com contatos sutis e por vezes difusos (**Figura 7C**). É comum apresentar cristais de actinolita com uma textura mais grossa e alterações para epidoto e malaquita (**Figura 7D**), assim como calcita laranja de dimensões centimétricas (**Figura 7E**).

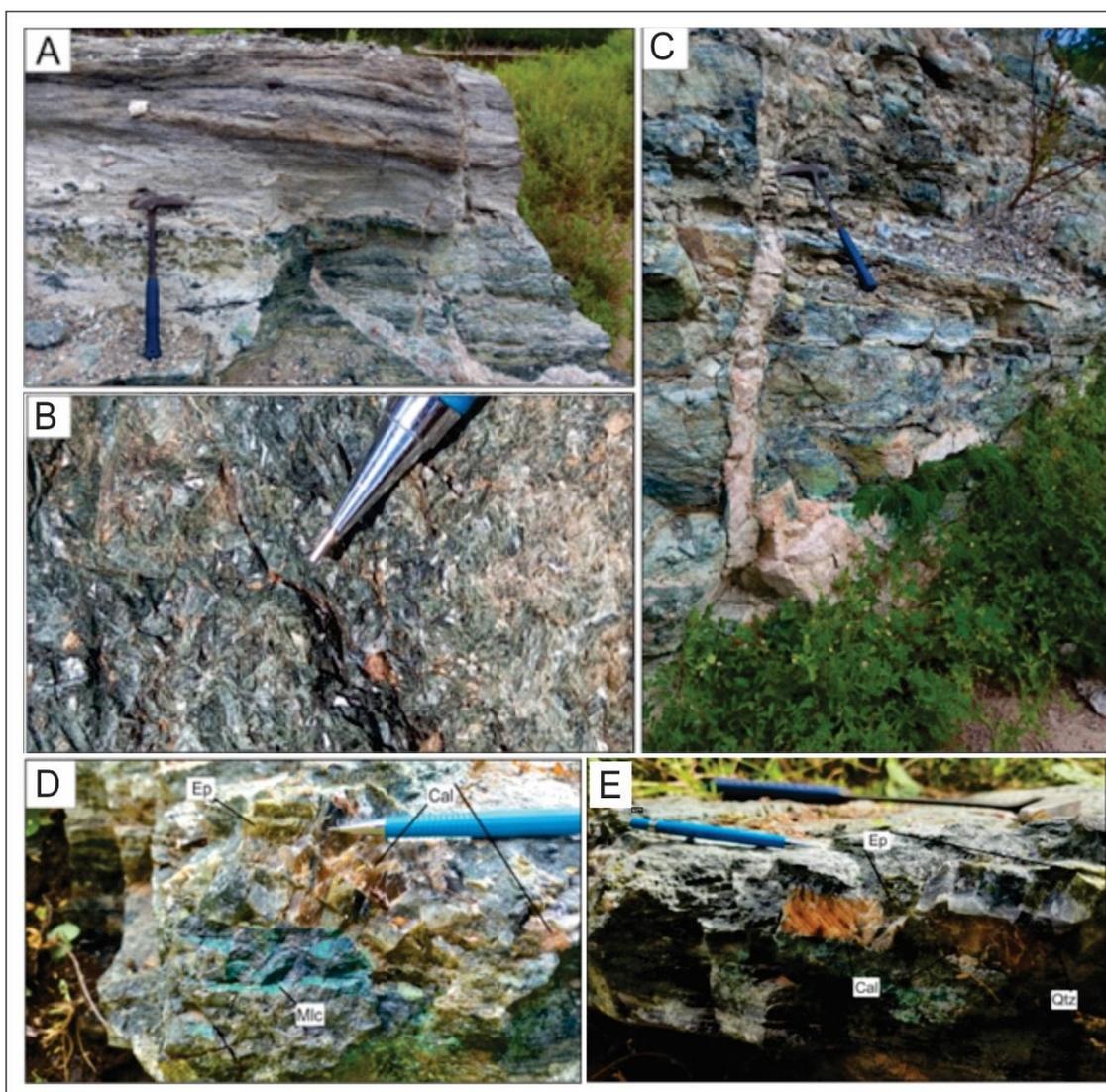


Figura 7. A) Relação de contato entre o micaxisto da Formação Seridó (acima do martelo) com o paragneisse da Formação Jucurutu (sob o m artelo). B) Textura fibro-radial definida pela actinolita em anfibolito Formação Jucurutu. C) Transição pervasiva entre anfibolito e *skarn* (Formação Jucurutu), ambos cortados por veios de quartzo-feldspato potássico. D-E) Detalhes de *skarns* com vug de calcita (Cal) laranja e de hábito romboédrico, epidoto (Ep), quartzo (Qtz) e malaquita (Mcl), desenvolvido a partir de anfibolito e paragneisse, respectivamente. Fonte: Autores (2024).

As relações de contato observadas em campo mostram que em algumas exposições o anfibolito ocorre sobreposto ao micaxisto da Formação Seridó, unidade definida na literatura como o topo do Grupo Seridó, o que corresponderia a uma lasca tectônica. Os dados de foliações obtidos mostram que tanto o micaxisto quanto o anfibolito mergulham para NW com 14° e 16° respectivamente.

5.1.3. Formação Seridó (NP3s)

Esta formação ocorre em toda a área no entorno da Formação Equador (Figura 5), no qual foi possível identificar três fácies principais, baseadas na composição mineralógica dominante: (i) Granada-biotita xisto, que aflora em torno do domo de quartzito; (ii) Granada-cordierita-biotita xisto e cordierita-granada-biotita xisto; e (iii) Cordierita-biotita xisto que ocorre como lentes na porção leste da área, dentro do tipo (ii). O granada-biotita xisto (i) possui coloração cinza a castanha, textura

lepidogranoblástica e granulação fina a média. Apresenta uma xistosidade bem definida com a alternância de faixas composicionais escuras marcada pela biotita e faixas mais claras quartzo-feldspáticas.

A rocha é caracterizada por apresentar porfiroblastos de granada dispersos na matriz xistosa (Figura 8A), veios de quartzo (centimétricos) leitoso concordantes e discordantes da sua foliação, além de ser intrudido por corpos pegmatíticos. O granada-cordierita-biotita xisto (ii) cuja a quantidade de granada e de cordierita varia de afloramento a afloramento, apresenta coloração cinza escura, granulação média à grossa e uma textura granolepidoblástica, definida pela presença dos cristais nodulares centimétricos de cordierita e da biotita (Figura 8B). Alguns níveis de cordierita-biotita xisto (iii) sem granadas e ricos em exudados de quartzo, de espessura centimétrica, concordantes com a foliação são comuns (Figura 8C).

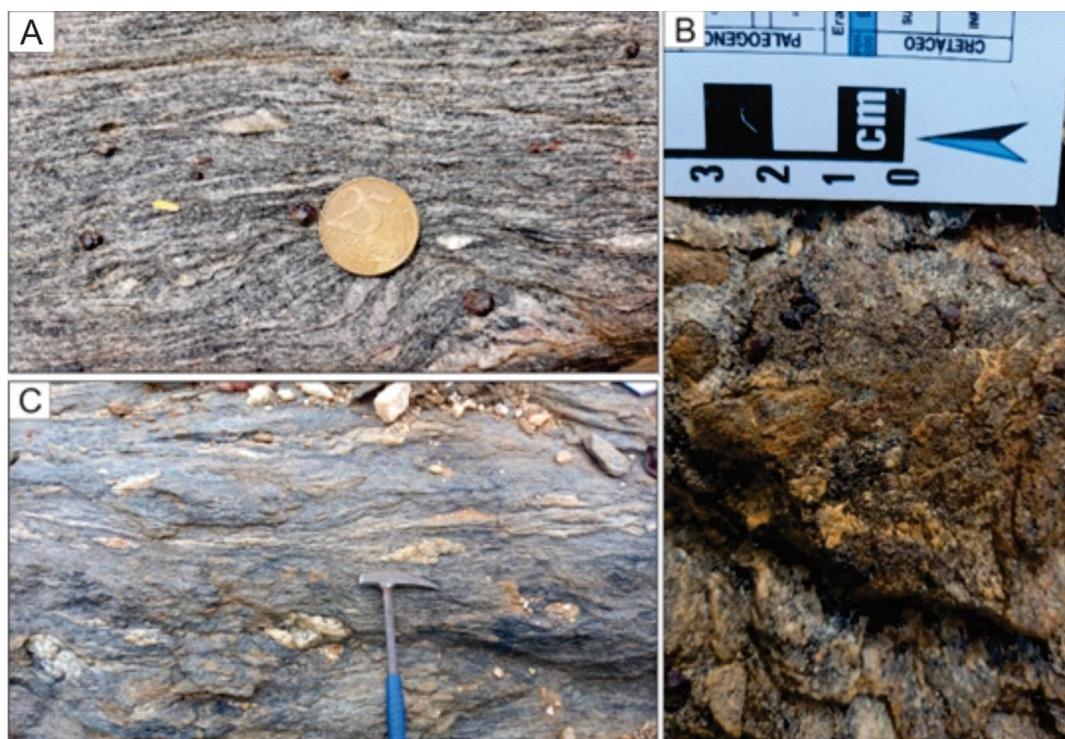


Figura 8. A) Afloramento do granada-biotita xisto, com porfiroblastos de granada (hábito dodecaédrico) dispersos em matriz composta por quartzo, plagioclásio e biotita. B) Afloramento de granada-cordierita-biotita xisto com granadas inclusas em porfiroblastos de cordierita poiquiloblástica. C) Exudados de quartzo deformados em cordierita-biotita xisto. Fonte: Autores (2024).

5.1.4. Veios de quartzo ($\epsilon\eta\eta$)

Os veios de quartzo ocorrem intrusivos nos quartzitos (**Figura 9A**), micaxistos, paragnaisses e anfibolitos do Grupo Seridó, com espessuras de até 15 cm de diâmetro e 2 m de comprimento. Os veios ocorrem predominantemente cortando os micaxistos de forma

concordante e discordante com a foliação, com direções preferenciais para NW-SE e NE-SW. São caracterizados por quartzo leitoso e hialino, por vezes contendo inclusões de biotita (**Figura 9B**), ilmenita e turmalina (**Figura 9C**) e apresentando manchas avermelhadas, produtos de alteração supergênica dos óxidos ferro.

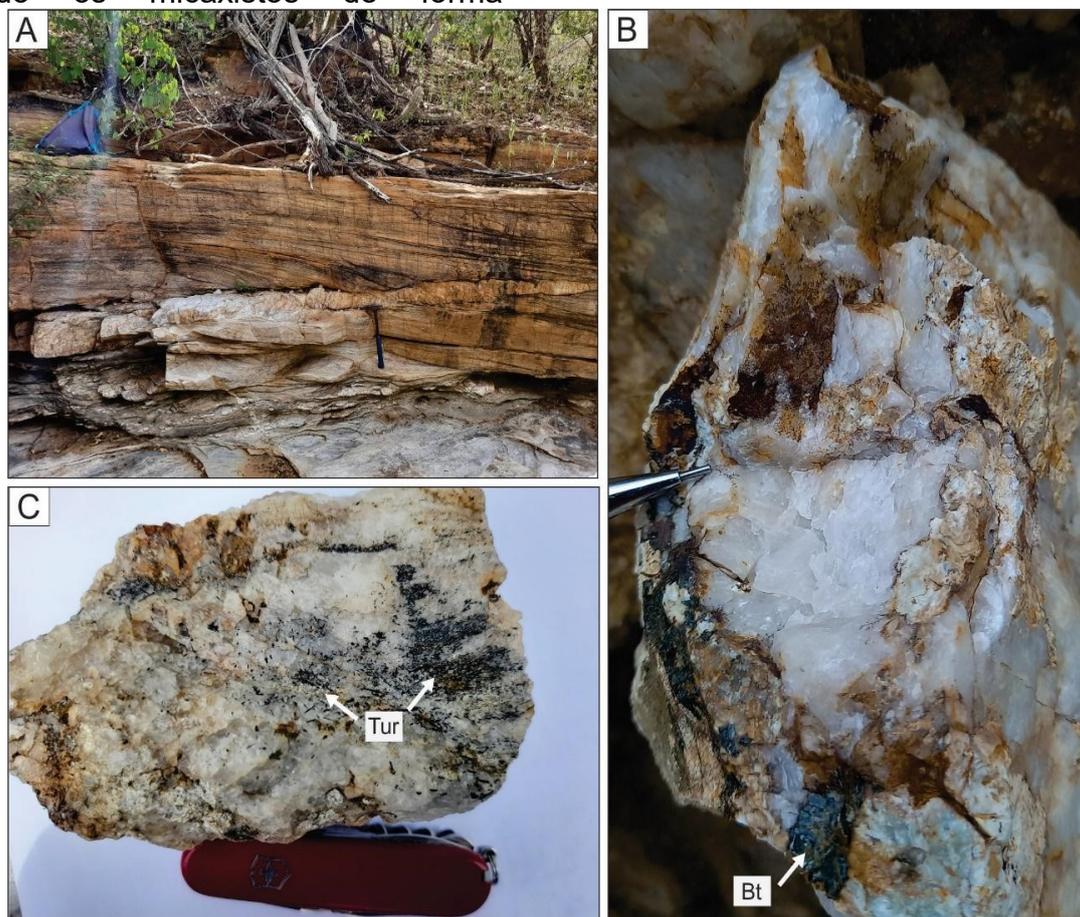


Figura 9. A) Veio de quartzo cortando quartzito. B) Veio de quartzo leitoso com inclusões de biotita (Bt) e óxidos de ferro alterados (manchas vermelhas). C) Veio de quartzo apresentando inclusões de turmalina prismática. Fonte: Autores (2024).

5.1.5. Diques pegmatíticos ($\epsilon 12p$)

Os diques de pegmatito afloram por toda a extensão da área com direção preferencial NE-SW, sendo mais abundantes na porção noroeste (**Figura 5**). Apresentam forma tabular, coloração esbranquiçada, comprimento que varia de 6 a 100 metros e estão encaixados tanto nos quartzitos da Formação Equador, como nos micaxistos da Formação Seridó, podendo apresentar xenólitos dos mesmos. Os corpos pegmatíticos

estudados na área são em sua maioria homogêneos, caulinizados.

O afloramento do ponto AN-09, denominado de Verdugo, é o mais relevante para compreender o vínculo das mineralizações de Cu com os corpos pegmatíticos e os paragnaisses/anfibolitos na área de estudo. É representado por um corpo pegmatítico de direção ENE-WSW, que intrude o micaxisto da Formação Seridó incorporando-o como xenólito em

algumas porções. O micaxisto ocorre em contato com anfibolito, que possui coloração verde escura, composto essencialmente por actinolita com hábito fibro-radial. Na porção mais a leste do afloramento, este corpo apresenta feições que aparenta se tratar de uma alteração hidrotermal potássica do anfibolito, preservando algumas feições reliquias do anfibolito original, na forma de porções

lenticulares de coloração verde. É composto essencialmente por quartzo, albita, feldspato potássico, com textura gráfica (Figura 10A), granada alaranjada, djurleita e malaquita (Figura 10B), apatita (Figura 10C), fases secundárias tardias como malaquita e psilomelano dendrítica (Figura 10D), schorlita (Figura 10E), e uranofana (Figura 10F).

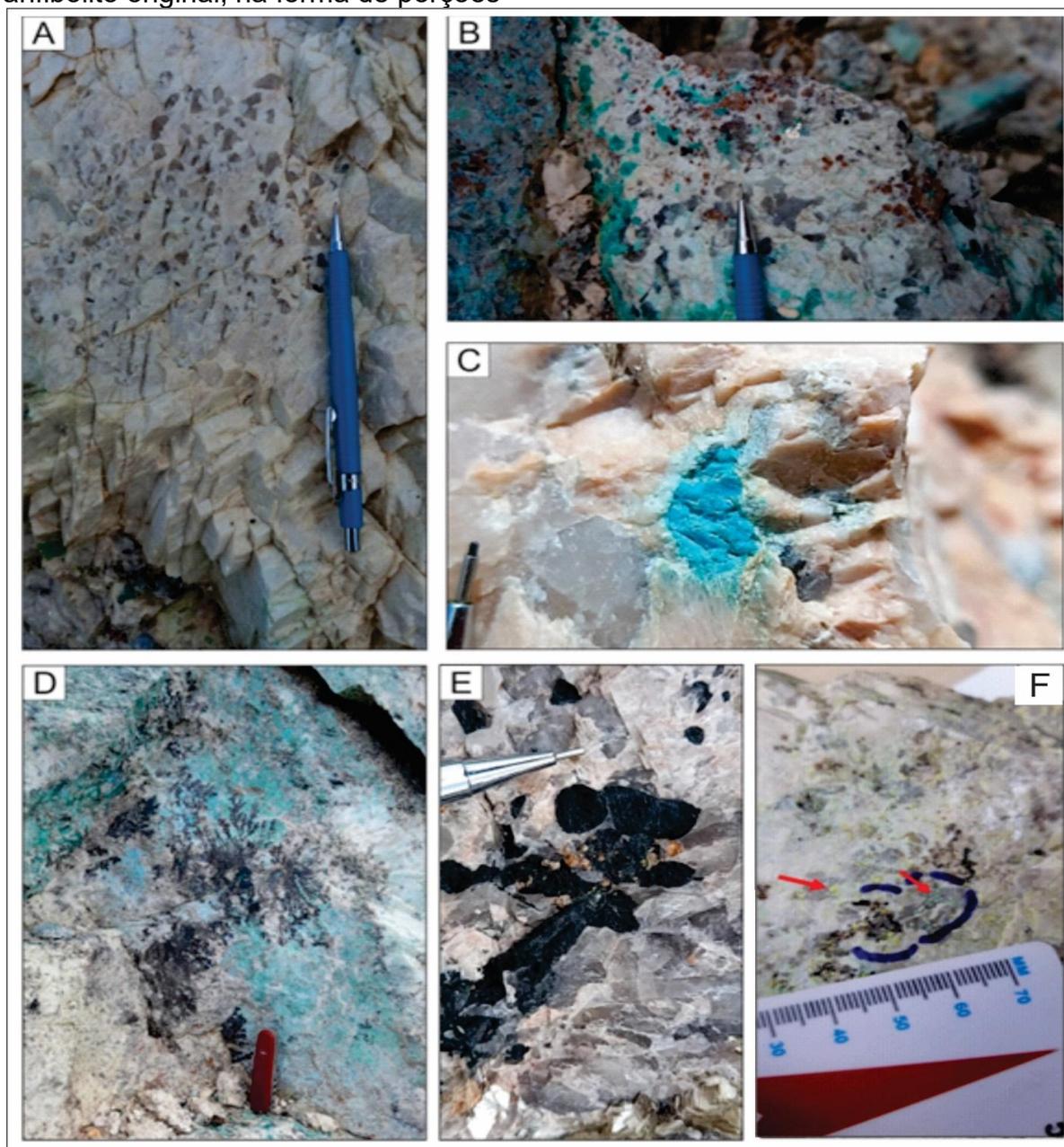


Figura 10. Detalhes da mineralogia presente nos corpos pegmatíticos. A) Textura gráfica entre quartzo e feldspato. B) Cristais de Granada disseminada, djurleíta preenchendo microfatura com borda de alteração para malaquita. C) Cristal de apatita preenchendo microfatura. D) psilomelana dendrítica crescendo a partir de plano de fratura do pegmatito sobre malaquita. E) Cristais prismáticos de turmalina schorlita. F) Minerais secundários de urânio em plano de fratura (uranofana). Fonte: Autores (2024).

5.2. Geologia Estrutural

A área de estudo é marcada por dois eventos deformacionais dúcteis designados D₂ e D₃, e um evento rúptil (D₄). A deformação dúctil é caracterizada por uma foliação predominante de baixo ângulo (S₂), de caráter suave, por vezes sub-horizontal. Nos quartzitos a foliação mergulha predominantemente para NE, com a intensidade de mergulho variando de 04° a 25° (**Figura 11A**). Nos micaxistos a foliação mergulha principalmente para

SW, e, localmente, para NE e SE, com intensidade de variando de 03° a 30° (**Figura 11B**). Os dobramentos associados ao evento D₃ (F₃) são observados apenas em escala mesoscópica no qual a foliação S₂ aparece transposta e reorientada, gerando dobramento antiforme com planos mergulhando para ENE e WSW, que dobra os quartzitos e xistos das formações Equador e Seridó, na porção central da área (**Figura 5 e Figura 11C**).

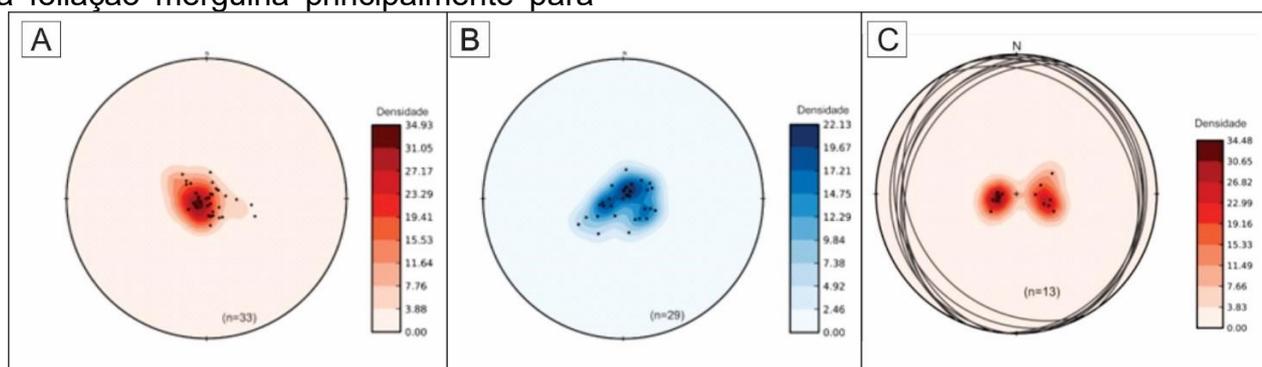


Figura 11. Diagramas de projeção estereográfica com os polos dos planos das foliações (S₂) medidos nos quartzitos da Formação Equador (A) e nos xistos da Formação Seridó (B). Fonte: Autores (2024).

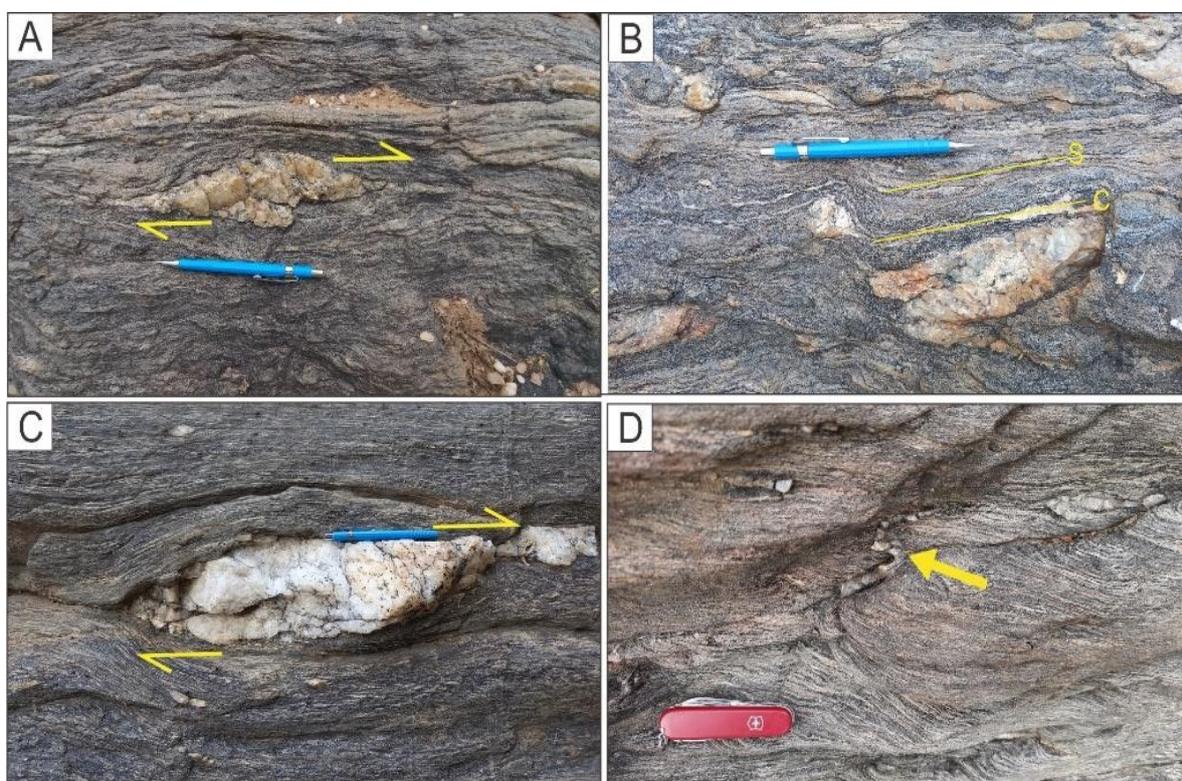


Figura 12. Ponto AN-02 (granada-cordierita-biotita xisto, Formação Seridó), mostrando A) Porfiroblasto sigma com cinemática destal, e B) Trama S-C subparalela. Ponto AN-74 (granada-biotita xisto, Formação Seridó), mostrando C) Porfiroblásto sigma de quartzo com cinemática destal, e D) Dobra do tipo S, gerada pelo evento D₃. Fonte: Autores (2024).

O evento deformacional D_3 é definido por uma tectônica transcorrente caracterizada regionalmente por estruturas como zonas de cisalhamentos e dobramentos. Na área mapeada, essa tectônica transcorrente é evidenciada através de critérios cinemáticos destrais, tais como porfiroblastos assimétricos do tipo σ (Figura 12A e 12B), estruturas do tipo S-C, veios de quartzo rompidos e boudinados (Figura 12C). Venulações de quartzo exibindo dobras no granada-biotita xisto indicam um regime transpressivo para esse evento deformacional (Figura 12D).

A deformação rúptil é atribuída a uma fase tardia, caracterizada por fraturas “secas” nos diques pegmatíticos (Figura 13A), nos litotipos do Grupo Seridó (Figura 13B e D) e nos veios de quartzo (Figura 13C e E). Estas intrusões representam corpos verticalizados, onde nos pegmatitos possuem direção predominante NE-SW, enquanto os veios de quartzo e fraturas predominam nas direções NE-SW e E-W. Regionalmente, essa deformação rúptil também é definida por falhas transcorrentes sinistras, de direção E-W (Araújo et al., 2001).

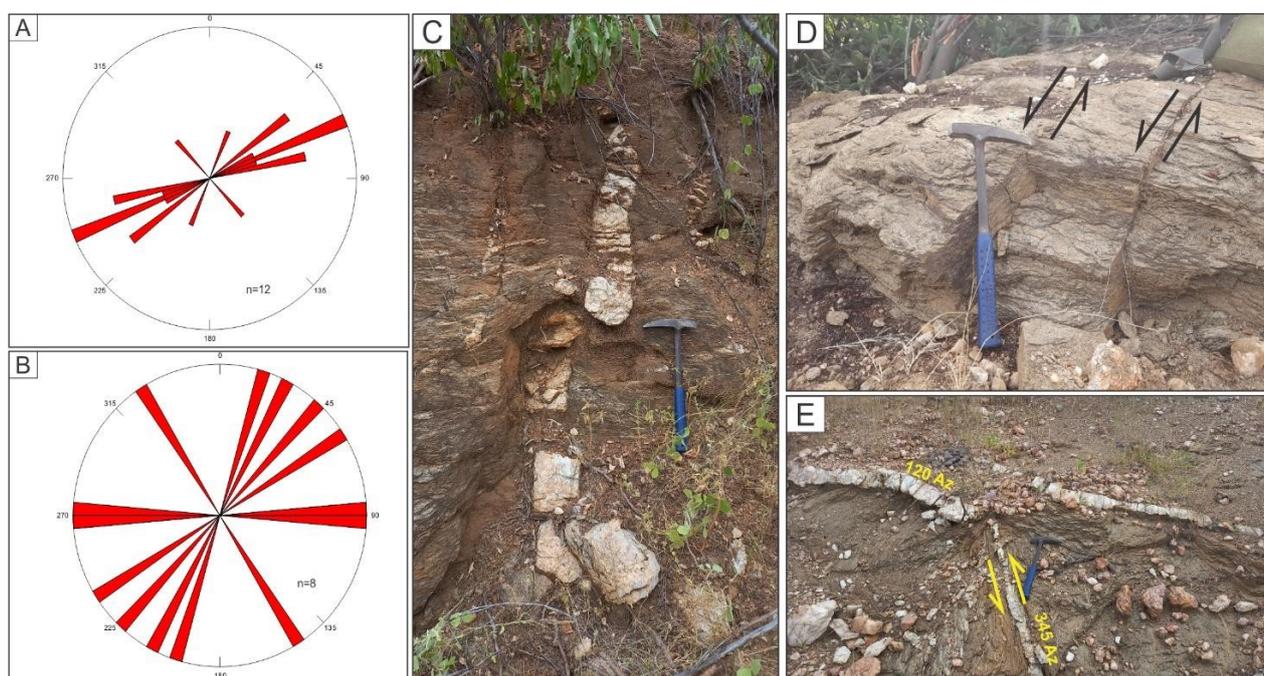


Figura 13. Diagrama de roseta mostrando o *trend* principal dos corpos pegmatíticos da área (A) e dos veios de quartzo e fraturas tardias que cortam os micaxistos da Formação Seridó (B). C) Veio de quartzo leitoso cortando verticalmente o granada-cordierita xisto (ponto AN-77). D) Falhas de direção 095 Az com cinemática sinistral em granada-biotita xisto (ponto AN-47). E) Veio de quartzo relativamente tardio de cinemática sinistral cortando veio mais antigo concordante com a foliação do granada-biotita xisto (ponto AN-46). Fonte: Autores (2024).

5.3. Petrografia

5.3.1. Paragneisse

Os paragneisses (Figura 14) são constituídos essencialmente por actinolita (45-58%), plagioclásio (9-14%), diopsídio (8-14%), quartzo (0-13%), hornblenda (0-10%), calcita (4-14%), epidoto (1-6%), titanita (2-5%), clinozoisita (0-2%), apatita

(<1-3%), feldspato potássico (0-3%), prehnita (0-3%) e allanita (<1%). Apresentam texturas nematoblástica e ribbons de quartzo. O bandamento félsico é definido pelos minerais de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, diopsídio e carbonatos, enquanto as bandas máficas pelo anfibólio actinolita.

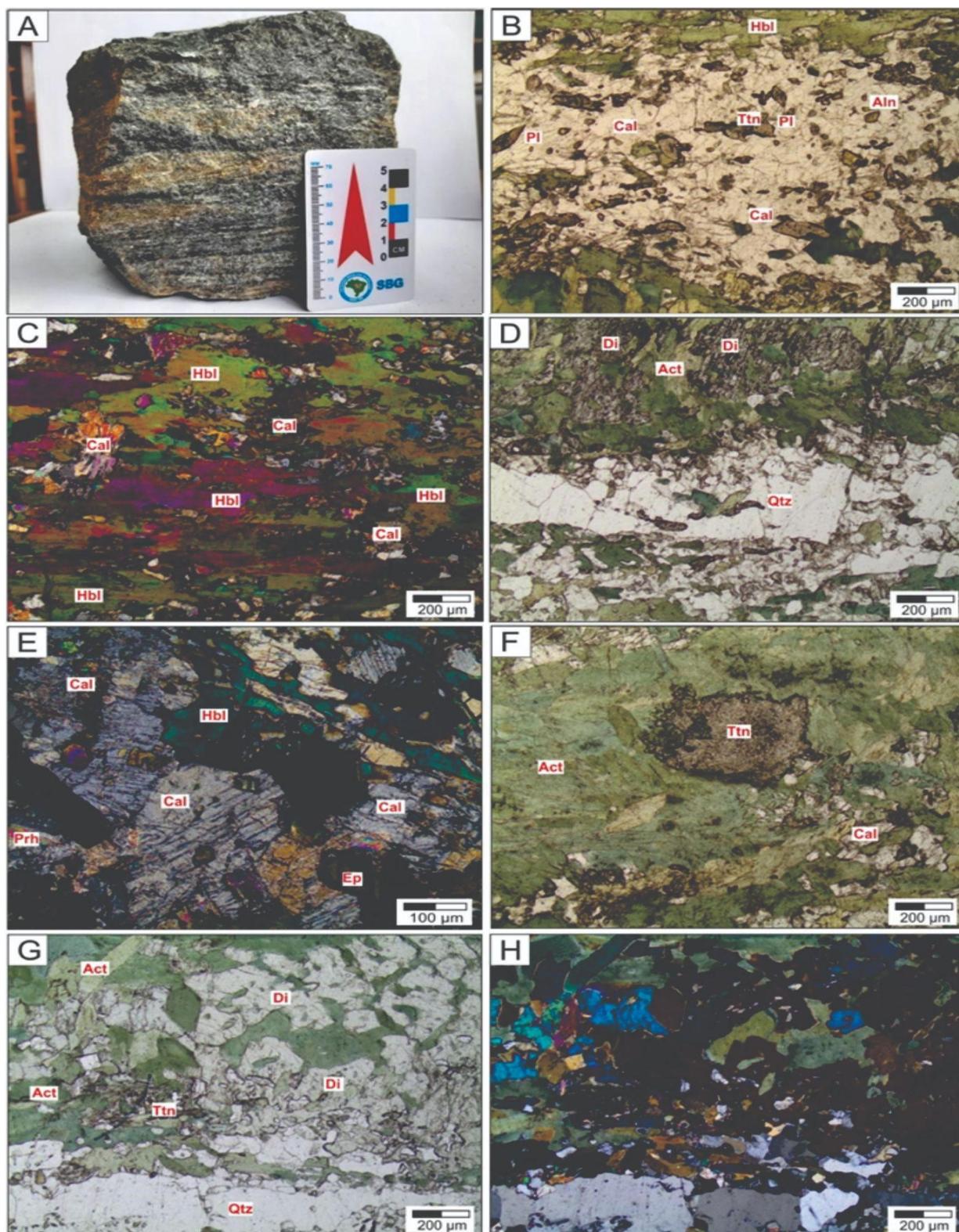


Figura 14. Amostra AN-06, representando o paragneisse da Formação Jucurutu. A) Porções lenticulares de rochas calciossiccáticas (verde claro) composta por diopsídio, epidoto e calcita. B) Microbandamento com porções félsicas representadas por plagioclásio e calcita e bandamento máfico caracterizado pela hornblenda e actinolita. C) Textura nematoblástica caracterizada pela presença da hornblenda (Hbl). D) Actinolita (Act) com textura intersticial por entre os cristais de diopsídio (Di) e ribbons de quartzo (Qtz). E) Hornblenda com impregnação intersticial de calcita (Cal) que ocorre associada com prehnita (Prh) e epidoto (Ep). F) Titanita (Ttn) de granulação grossa dispersa em assembleia de actinolita (Act) tardia. G-H) Diopsídio (Di) sendo substituído por actinolita (Act) em luz polarizada plana e cruzada, respectivamente. Fonte: Autores (2024).

Com base nas texturas e mineralogia observadas durante os estudos petrográficos em lâmina delgada, foi possível identificar uma paragênese de pico metamórfico caracterizada por hornblenda + plagioclásio + microclina + quartzo, seguida de uma paragênese retrometamórfica, não tão perceptível devido à sobreposição de uma paragênese metassomática de carácter cálcico (diopsídio + actinolita + epidoto + clinozoisita + calcita + prehnita).

5.3.2. Anfibolito

As rochas anfibolíticas estudadas (**Figura 15**), representando a Formação Jucurutu, são compostas essencialmente por actinolita (78-93%), microclina (5-8%) diopsídio (2-5%), titanita (1-4%), apatita (<1-3%), clorita (0-1%), rutilo (<1%) e calcopirita (<1%). Apresenta texturas nematoblástica (ponto AN-31) e decussada (ponto AN-09A) definida pela actinolita, e porfiroblástica (ponto AN-09B), caracterizada pelo diopsídio.

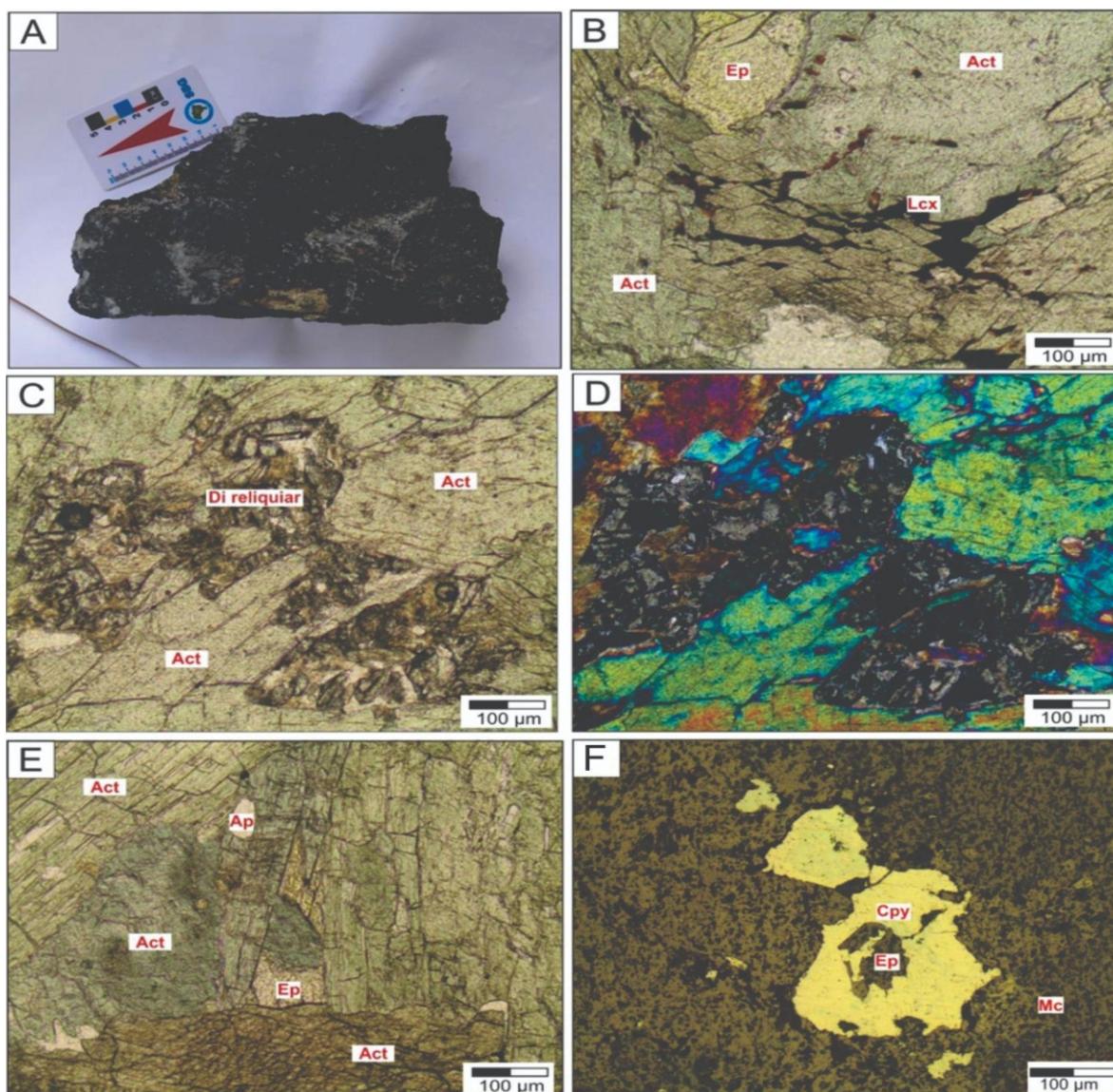


Figura 15. Amostra AN-09B. A) Amostra de anfibolito da Formação Jucurutu. B) Leucoxênio (Lcx) nos planos de clivagem da actinolita (Act). C-D) Diopsídio (Di) reliquiar substituído por actinolita (Act) grossa em luz polarizada plana e cruzada, respectivamente. E) Actinolita (Act) com textura grossa apresentando inclusão de apatita (Ap) e substituição para epidoto (Ep) em suas bordas em luz polarizada plana. F) Calcopirita (Cpy) em uma matriz constituída por microclina (Mc) e epidoto (Ep). Fonte: Autores (2024).

5.3.3. Xisto

As observações petrográficas revelam que os micaxistos da Formação Seridó são caracterizados essencialmente por plagioclásio, quartzo, cordierita, granada, biotita e feldspato potássico. A análise petrográfica dos litotipos referentes ao granada-biotita xisto (**Figura 16**) revelou uma composição mineral de quartzo (16-44%), plagioclásio (9-38%),

biotita (28-38%), muscovita (0-6%), feldspato potássico (0-7%), ilmenita (0-3%), turmalina (0-2%), sillimanita (0-6%), clorita (0-3%), apatita (<1%) e rutilo (<1%). A granada não foi identificada em nenhuma das lâminas, provavelmente devido à posição do corte da amostra, apesar de ter sido descrita em amostra de mão. As rochas apresentam textura lepidoblástica e fitas de quartzo.

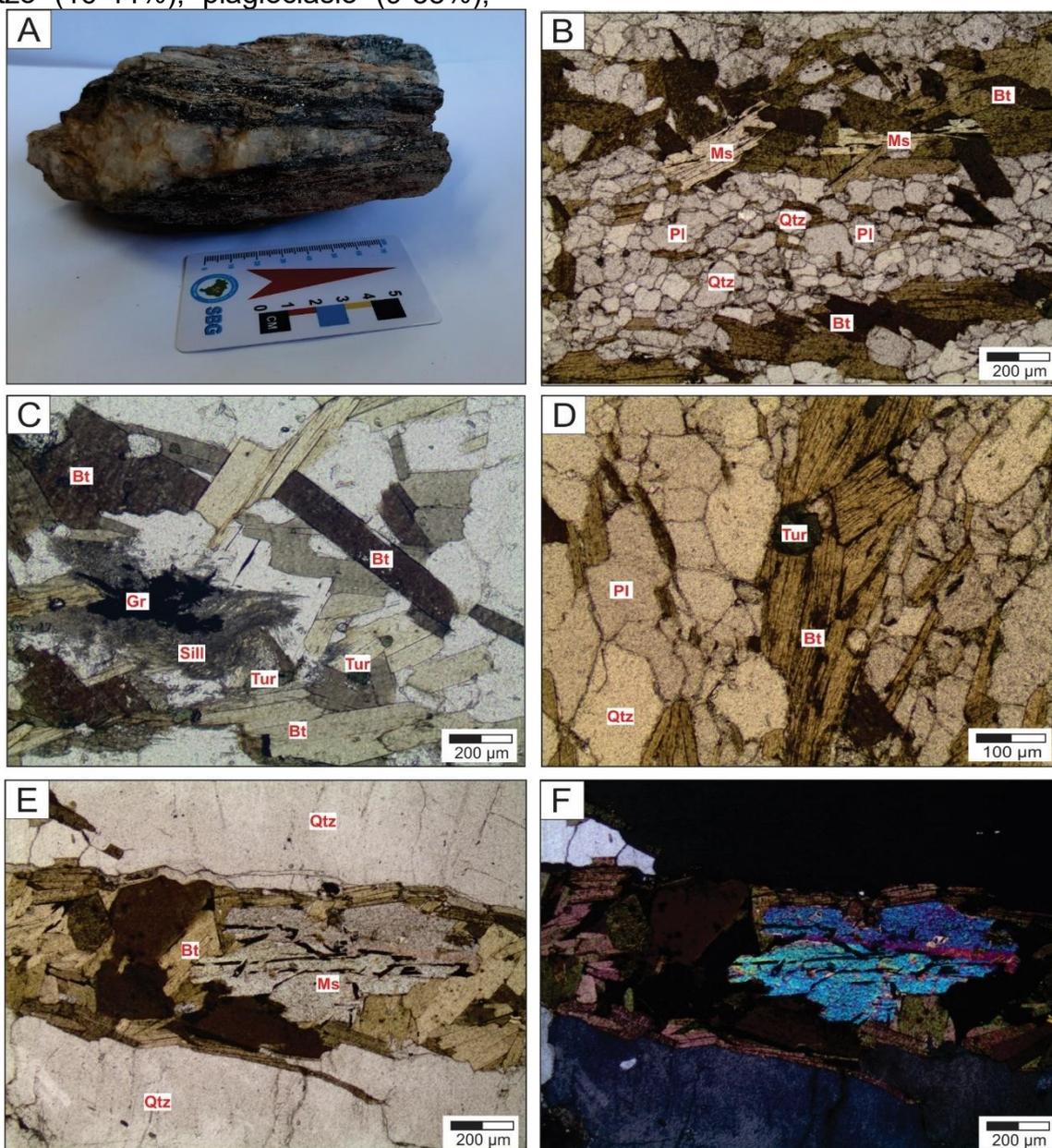


Figura 16. Amostra AN-45. A) Amostra de granada-biotita xisto com veio de quartzo, representando a Formação Seridó. B) Textura lepidoblástica definida pela orientação da biotita (Bt) e granoblástica definida pelos grãos de quartzo (Qtz) e plagioclásio (Pl; exibe ainda muscovita (Ms) tardia. C) Sillimanita (Sill) fibrosa com inclusão de grafita (Gr), em uma matriz com biotita (Bt, turmalina (Tur) e apatita (Ap). D) Turmalina (Tur) incluída em aglomerado de biotita (Bt). E-F) Muscovita (Ms) lamelar substituída por biotita (Bt) em luz polarizada plana e cruzada, respectivamente. Fonte: Autores (2024).

O granada-cordierita-biotita xisto é representado pela amostra AN-66 (**Figura 17**). A descrição petrográfica microscópica revelou que a rocha é composta essencialmente por plagioclásio (27%), quartzo (22%), biotita (26%),

cordierita (10%) e granada (9%) com clorita (3%), ilmenita (2%), rutilo (<1%), apatita (<1%) e muscovita (<1%). A rocha apresenta texturas lepidoblástica e porfiroblástica, caracterizada pela granada.

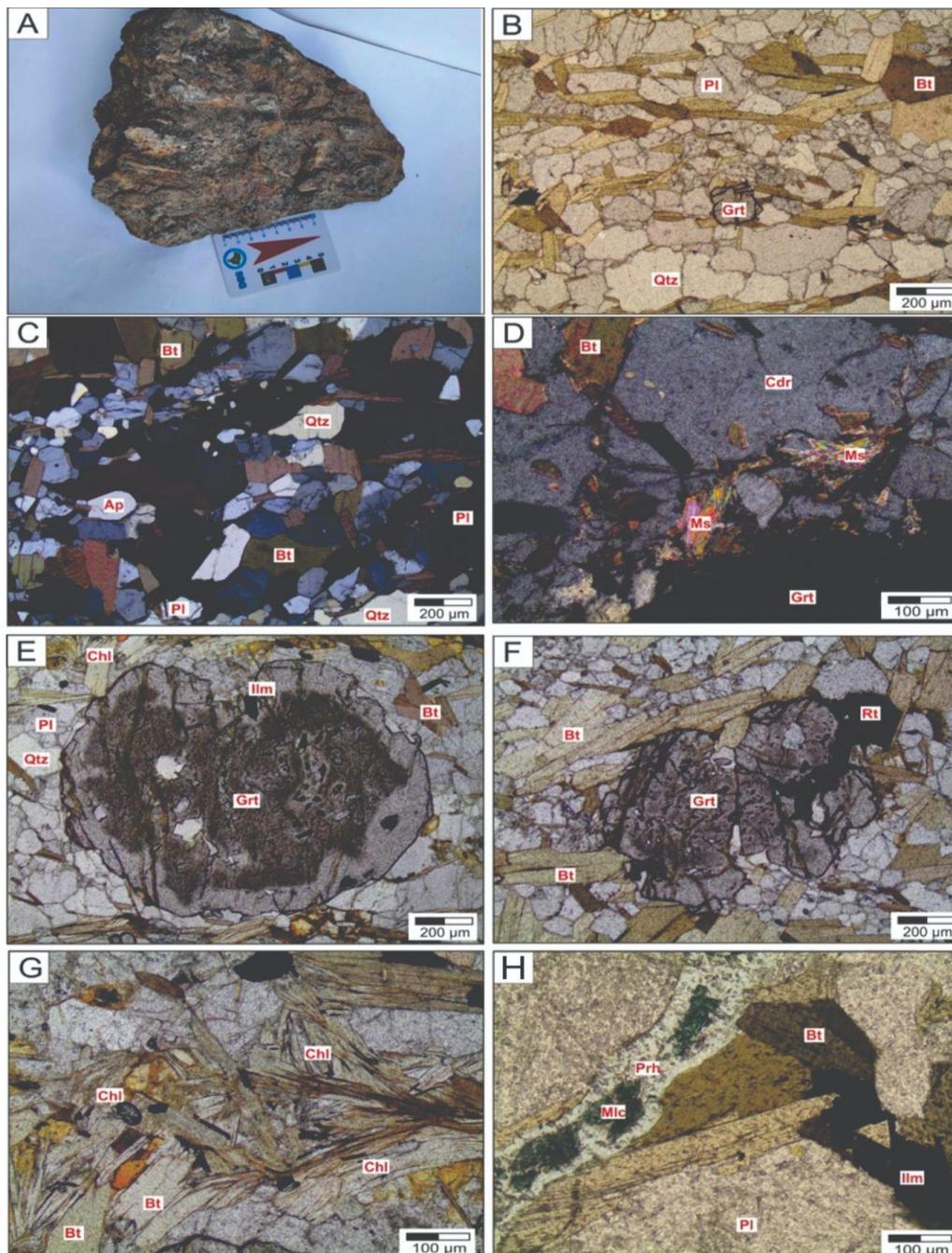


Figura 17. Amostra AN-66. A) Amostra de granada-cordierita-biotita xisto. B) Textura lepidoblástica definida pela orientação da biotita (Bt) e heteroblástica definida pelos grãos de quartzo (Qtz) e plagioclásio (Pl); contém granada (Grt) na matriz. C) Apatita (Ap) subidioblástica associada com plagioclásio (Pl), quartzo (Qtz) e biotita (Bt). D) Porfiroblasto de cordierita (Cdr) com inclusões de biotita (Bt) e muscovita (Ms). E) Porfiroblasto xenoblástico de granada (Grt) zonada com inclusões de ilmenita (Ilm) e quartzo (Qtz). F) Porfiroblasto de granada (Grt) xenoblástica com desenvolvimento intersticial de rutilo (Rt). G) Biotita (Bt) transformada em clorita (Chl) em luz polarizada plana. H) Fratura preenchida por prehnita (Prh) com malaquita (Mlc) ao centro em luz polarizada plana. Fonte: Autores (2024).

5.3.4. Pegmatitos

Os corpos pegmatíticos foram estudados com base nas amostras AN-09 e AN-29 (Figura 18). O litotipo é composto, em média, essencialmente por feldspato potássico (45%), quartzo (25%)

e plagioclásio (13%). Muscovita (3%), malaquita (3%), calcita (4%), turmalina (4%) e prehnita (1%) são minerais acessórios. As rochas apresentam textura anormalmente grossa, característica de pegmatitos.

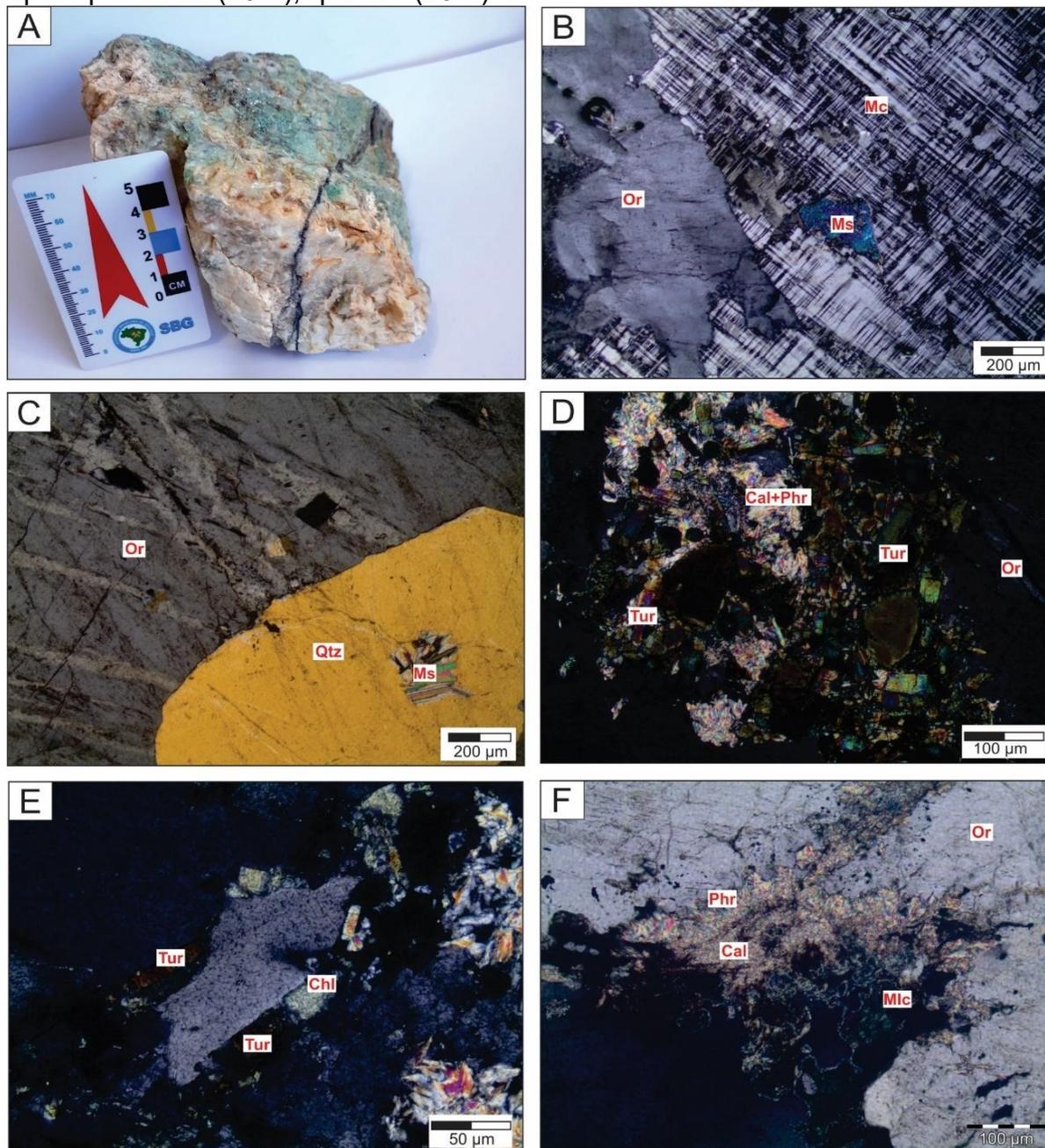


Figura 18. Amostra AN-29. A) Amostra de pegmatito apresentando fratura preenchida. B) Megacristal de microclina (Mc) com inclusão de muscovita (Ms). C) Quartzo (Qtz) com inclusão de muscovita (Ms) e em contato com cristal de ortoclásio (Or) apresentando textura de exsolução do tipo pertita. D) Vênula preenchida por turmalina (Tur) com hábito prismático e em seção basal trigonal, calcita (Cal) e prehnita (Prh). E) Associação de clorita (Chi) e prehnita (Prh) preenchendo vênula. F) Ortoclásio em contato com a vênula com malaquita (Mlc), calcita (Cal) e prehnita (Prh), que preenche fratura e invade esse feldspato, mineral hospedeiro. Fonte: Autores (2024).

6. DISCUSSÃO

Como visto no estudo petrográfico, os paragnaisses e anfibolitos da área de estudo, são afetados por processos metassomáticos, responsáveis por desenvolver uma assembleia mineral calciossilicática, enriquecidas em K, formando rochas similares a *skarns*. Segundo Corrêa et al. (2020), esses halos de alteração hidrotermal calco-sódico-potássico atuantes na Faixa Seridó são representantes de rochas “pré-escarníticas”, no sentido de que fazem parte do sistema de formação de *skarns*, mas não podem ser classificadas como *skarns*, uma vez que esses halos foram formados a partir de uma solução magmática-hidrotermal mais pura (ou seja, não misturada), menos influenciada por componentes das rochas carbonáticas.

No caso da região do Domo da Coruja, não foram percebidas evidências da atuação do sódio (Na) como produto de alteração hidrotermal. Além disso, a presença de diopsídio, titanita e apatita na paragênese da alteração, apontam para uma evidência de fonte carbonática hoje totalmente transformada, ou que possa ocorrer em profundidade. Nesse sentido, a hipótese aventada é que as rochas dessa área possam sim ser classificadas como *skarns*.

Na área mapeada, as mineralizações primárias de cobre foram identificadas apenas no afloramento Verdugo (afloramento do ponto AN-09), onde djurleíta, malaquita e crisocola ocorrem em microfraturas (vugs) no pegmatito, enquanto calcopirita e malaquita foram caracterizadas na matriz do anfibolito e apenas malaquita no paragnaisse metassomatizado.

Quanto à origem do cobre, Beurlen et al. (2011) defende uma fonte magmática para as turmalinas cupríferas (Turmalina Paraíba - TP) dos pegmatitos, no qual a presença de cobre na estrutura

da turmalina estaria relacionada com baixos teores de S, baixa disponibilidade de outros elementos candidatos a ocupar o sítio Y da turmalina $(XY_3Al_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4)$ e relativamente elevada fugacidade de oxigênio no fundido pegmatítico a partir do qual cristalizou a TP. Contudo, trabalhos recentes de Numeriano (2022) e de Medeiros Neto et al. (2023) revelam que a TP é formada como substituição hidrotermal de cobre sobre schorlita pré-existente. Corroborando essa suposição, a presença de TP em geodos ricos em quartzo dispostos aleatoriamente dentro dos pegmatitos, não obedecendo o zoneamento primário dos pegmatitos, ocorrendo inclusive na zona de contato com o metaconglomerado encaixante, o que sugere uma formação hidrotermal tardia ao magmatismo que formou o pegmatito.

Como relatado por Brandstätter & Niedermayr (1994), na maioria dos pegmatitos que hospedam TP, o cobre ocorre na TP e em suas esporádicas porções esféricas de exsolução epigenética de cobre nativo, além de tenorita (CuO). Por outro lado, o pegmatito Capoeira 1 (Boqueirãozinho) é enriquecido em sulfetos de cobre (Robinson & Wegner 1998), como relatado pelo corpo técnico da empresa Brazil Paraíba Mine. O pegmatito Capoeira 2, que é produtor de TP, segundo os dados de Soares (2004) e Beurlen et al. (2011), não contém sulfeto de cobre visível. O pegmatito Capoeira 3 possui djurleíta, preferencialmente disposta em fraturas cortando a zona rica em quartzo desse corpo, descrita pelos coautores desse trabalho. Outro pegmatito da região, o Boqueirão, possui elbaíta de qualidade gemológica comumente desenvolvida, mas também desprovido de TP (pelo menos até o momento), sendo bem conhecido pela ocorrência de calcopirita, tetraedrita $((Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13})$ e outros sulfetos

(Bhaskara Rao & Nayak 1965, Soares 2004). Essas observações podem indicar que a formação dos sulfetos de cobre e das turmalinas cupríferas (TP) tenha ocorrido em estágios diferentes do resfriamento dos pegmatitos.

Estudos de química mineral feitos por Salles (2023) em micas oriundas do mesmo afloramento da amostra AN-29, revelou teores de Cu de 260 ppm na biotita e 41 ppm na muscovita, além de U, com 10,3 ppm na biotita e 4,4 ppm na muscovita. Ainda de acordo com Salles (2023), apenas essas micas do afloramento da amostra AN-29 apresentaram teores elevados de cobre, dentre todos os demais pegmatitos analisados por aquele autor no campo pegmatítico Mufumbo-Trigueiro.

Desta forma, é provável que as mineralizações de Cu identificadas na área do presente estudo, na forma de sulfetos, sejam originadas a partir interação de fluidos magmáticos-hidrotermais do estágio final da cristalização dos pegmatitos, com os paragnaisses/anfibolitos encaixantes, o que além de transformá-los em *skarns*, com o desenvolvimento concomitante de actinolita, diopsídio, titanita e apatita, todos com textura grossa, descrevendo uma alteração cálcica-potássica dos mesmos. Esses fluidos seriam responsáveis pela precipitação dos sulfetos de Cu, como djurleíta em vugs intercristais de quartzo-feldspato e calcopirita no paragnaisse metassomatizado. Os mesmos promoveriam ainda as concentrações relativamente elevadas de Cu (e U) nas micas do pegmatito Verdugo, como reportado por Salles (2023). Posteriormente esses sulfetos de Cu seriam alterados (alteração supergênica) formando malaquita e crisocola, além de minerais secundários de urânio associados.

7. CONCLUSÃO

1. O mapeamento geológico realizado mostrou um empilhamento litoestratigráfico, na área de estudo, coincidente com o preconizado na literatura para o Grupo Seridó: Formação Equador, constituída por muscovita quartzitos e quartzitos feldspáticos, correspondendo à base do grupo, sobrepostos por paragnaisses/anfibolitos da Formação Jucurutu, e com a Formação Seridó representando o topo da sequência metassedimentar, com granada-biotita xisto, seguido do granada-cordierita-biotita xisto que ocorre intercalado com o cordierita-biotita xisto.

2. As rochas do Grupo Seridó foram submetidas a um metamorfismo progressivo com pico na fácies anfibolito alto (hornblenda + plagioclásio + microclina + quartzo; 620-680°C; 0,4-0,55 GPa) com retrometamorfismo na fácies xisto verde (350-450 °C; 0,1-0,5 GPa), evidenciado pela paragênese clorita + clinozoisita + muscovita, corroborando os dados disponíveis na literatura do assunto.

3. Na área estudada, os paragnaisses da Formação Jucurutu sofreram metassomatismo, dando origem a *skarns*, devido ao contato com os corpos pegmatíticos locais. A assembleia metassomática progradada é caracterizada por diopsídio, titanita e apatita, todas com textura grossa. Enquanto a fase retrógrada do metassomatismo é caracterizada principalmente pela actinolita com textura grossa e intersticial, invadindo porfiroblastos reliquias de diopsídio (metassomatismo prógrado). Além da actinolita a assembleia da fase retrógrada também possui Epidoto, alteração potássica e precipitação de sulfetos de cobre (djurleíta, calcopirita), calcita (laranja) e prehnita. Além de vênulas preenchidas por malaquita, crisocola, turmalina, prehnita e calcita (branca).

4. A interação de fluidos magmáticos-hidrotermais, oriundos da fase final de cristalização dos pegmatitos, com os paragneisses e anfibolitos, seria responsável pela formação dos *skarns*, além da precipitação dos sulfetos de cobre (djurleíta, calcopirita) e alteração e potássica (feldspato alcalino).

5. Quanto à composição do fluido metassomático-hidrotermal mineralizante, além de Ca e K, os mesmos seriam caracterizados por um enriquecimento em Cu; evidenciado pelas mineralizações primárias de cobre (djurleíta, calcopirita) e secundárias (malaquita e crisocola), e também pelas concentrações mais elevadas deste metal nas micas dos pegmatitos (Salles, 2023).

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ricardo Sallet (UFRN) pela apresentação geológica do afloramento “Verdugo” e valiosas discussões científicas sobre o tema. À Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio operacional para a realização dos trabalhos de campo. J.A. Souza Neto agradece ao CNPq pela bolsa de pesquisador (Processo Nº: 313.251/2021–5).

REFERÊNCIAS

- Araújo M.N.C., Alves da Silva F.C., Jardim de Sá E.F. 2001. Pegmatite emplacement in the Seridó belt, northeastern Brazil: late-stage kinematics of the Brasiliano orogen. *Gondwana Res.*, 4: 75–85.
- Archanjo, C.J., Trindade, R.I.F., Bouchez, J.L., Ernesto, M. 2002. Granite fabrics and regional-scale strain partitioning in the Seridó belt (Borborema Province, NE Brazil). *Tectonics*, 21 (1): 3-14. <https://doi.org/10.1029/2000TC001269>.
- Archanjo, C.J., Viegas, L.G.F., Hollanda, M.H.B.M., Souza, L.C., Liu, D. 2013. Timing of the HT/LP transpression in the Neoproterozoic Seridó Belt (Borborema Province, Brazil): Constraints from U-Pb (SHRIMP) geochronology and implications for the connections between NE Brazil and West Africa. *Gondwana Res.*, 23: 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2012.05.005>.
- Beurlen, H., Moura, O.J.M., Soares, D.R., Da Silva, M.R.R., Rhede, D. 2011. Geochemical and geological controls on the genesis of gem quality “Paraíba Tourmaline” in pegmatites from northeastern Brazil. *Canadian Mineralogist*, 49: 277-300.
- Beurlen, H., Thomas, R., Da Silva, M.R.R., Muller, A., Rhede, D., Soares, D.R. 2014. Perspectives for Li- and Ta-Mineralizations in the Borborema Pegmatite Province, NE Brazil: A review. *J. S. Am. Earth Sci.*, 56: 110-127.
- Bhaskara Rao, A. & Nayak, V.K. 1965. Mineragraphic study of vein minerals from the Boqueirão pegmatite, Rio Grande do Norte. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37: 257-262.
- Brandstätter, F. & Niedermayr, G. 1994. Inclusions of native copper and tenorite in cuprian-elbaite tourmaline from Paraíba, Brazil. *Gems & Gemology*, 30: 178-183.
- Caby, R., Arthaud, M.H., Archanjo, C.J. 1995. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamic implications. *J. S. Am. Earth Sci.*, 8(3-4): 235-246.
- Cavalcanti Neto, M.T.O. 2008. A Faixa cuprífera do Rio Grande do Norte e Paraíba e as relações de contato entre

- as Formações Equador e Seridó. *Holos*, 24 (3): 105-118.
- Cioffi, C.R., Meira, V.T., Trindade, R.I.F., Lanari, P., Granade, C.E., Gerdes, A. 2021. Long-lived intracontinental deformation associated with high geothermal gradients in the Seridó Belt (Borborema Province, Brazil). *Precambrian Res.*, 358: 106141. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106141>.
- Corrêa, R.S., Oliveira, C.G., Dantas, E.L., Botelho, N.F. 2020. Hydrothermal footprint related to regional-scale shear zone-controlled scheelite mineralization, Seridó W-skarn system, Northeastern Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 103: 102755.
- Dantas, E.L. 1997. Geocronologia U/Pb e Sm/Nd de terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço São José do Campestre, NE do Brasil. Tese de Doutorado. UNESP.
- Dantas, E.L., Van Schmus, W.R., Hackspacher, P.C., Fetter, A.H., de Brito Neves, B.B., Cordani, U., Williams, I. S. 2004. The 3.4–3.5 Ga São José do Campestre massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Res.*, 130(1-4):113-137.
- Gray, D.R., Foster, D.A., Meert, J.G., Goscombe, B.D., Armstrong, R., Trouw, R.A.J., Passchier, C.W. 2008. A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana. *Geol. Soc. Lond. Special Publ.* 294, 257–278.
- Hollanda, M.H.B.M., Archanjo, C.J., Souza, L.C., Danyi, L., Armstrong, R. 2011. Longlived Paleoproterozoic granitic magmatism in the Seridó-Jaguaribe domain, Borborema Province-NE Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 32: 287–300.
- Hollanda, M.H.B.M., Archanjo, C.J., Bautista, J.R., Souza, L.C. 2015. Detrital zircon ages and Nd isotope compositions of the Seridó and Lavras da Mangabeira basins (Borborema Province, NE Brazil): evidence for exhumation and recycling associated with a major shift in sedimentary provenance. *Precambrian Res.*, 258: 186-207.
- Hollanda, M.H.B.M., Souza Neto, J.A., Archanjo, C.J., Stein, H., Maia, A.C.S. 2017. Age of the granitic magmatism and the W-Mo mineralization in skarns of the Seridó belt (NE Brazil) based on zircon U-Pb (SHRIMP) and molybdenite Re-Os dating. *J. S. Am. Earth Sci.*, 79: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.07.011>.
- Jardim de Sá, E.F. & Salim, J. 1980. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). *Mineração e Metalurgia*, Rio de Janeiro, 80: 16-28.
- Jardim de Sá, E.F. 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileiro/Pan-Africana. Brasília, Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 803 p.
- Jardim de Sá, E.F., Fuck, R.A., Macedo, M.H.F., Peucat, J.J., Kawashita K., Souza, Z.S., Bertrandt, J.M. 1995. “Pre-brasiliano orogenic evolution in the Seridó Belt, NE Brazil: conflicting geochronological and structural data”. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4):307-314.
- Medeiros Neto, F.A, Souza Neto, J.A, Numeriano, R.B.M. 2023. A provável origem hidrotermal dos *oreshoots* de Turmalina Paraíba. XXIX Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande-PB, Anais, p235.

- Neves, S.P. 2015. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental reworking of a Paleoproterozoic accretionary orogen. *J. S. Am. Earth Sci.* 58, 150–164.
- Numeriano, R.B.M. 2022. Mapeamento geológico de detalhe (escala 1:10.000) em uma área em torno da mineralização de Turmalina Azul Paraíba, Parelhas (RN). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Pernambuco. 95p + anexo.
- Robinson, G.W. & Wegner, R.R. 1998. Mineralogy of the Boqueirãozinho pegmatite, Parelhas, Rio Grande do Norte, Brazil. *Mineral. Rec.*, 29: 193-197.
- Salles, M.C.C 2023. Caracterização petrográfica, composição química e aspectos estruturais do Campo Pegmatítico Mufumbo-Trigueiro, nordeste de Parelhas (RN). Dissertação de Mestrado – UFPE – Recife, PE. 98 p.
- Sallet, R., Ribeiro, C., Souza Neto, J.A., Sales, M., Moritz, R., Price, J.D., Thomsen, T.B. 2021. Pegmatitic granite fluid compositions and thermochronometry in the Seridó Belt, Borborema Province, Brazil: Insights from trace element advection-diffusion-partitioning halos in host schist and gneiss. *Lithos*, 396–397: 106200. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106200>.
- Santos, E.J., Souza Neto, J.A., Silva, M.R.R., Beurlen, H., Cavalcanti, J.A.D., Silva, M.G., Costa, A.F., Santos, L.C.M.L., Santos, R.B. 2014. Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema. In: Silva, M.G. Neto, M.B.R. Jost, H. Kuyumjian, R.M. (Eds) *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*. CPRM p. 343-388.
- Soares, D.R. 2004. Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia. Univ. Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Souza, S.R.C, da Silva, M.R.R, Moura, O.J.M., Beurlen, H. 2022. Field trip guide to the Seridó Pegmatite Province. *Estudos Geológicos*, 32(2): 21-36. <https://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v32n2p21-36>.
- Souza, Z.S., Martin, H., Peucat, J.J., Jardim de Sá, E.F., Macedo, M.H.F. 2007. Calcalkaline magmatism at the Archean-Proterozoic transition: the Caicó complex basement (NE Brazil). *J. of Petrology*, 48: 2149-2185.
- Souza Neto, J.A., Legrand, J.M., Volfinger, M., Pascal, M.L., Sonnet, P. 2008. W–Au skarns in the Neo-Proterozoic Seridó Mobile Belt, Borborema Province in northeastern Brazil: an overview with emphasis on the Bonfim deposit. *Miner. Deposita*, 43: 185-205. <https://doi.org/10.1007/s00126-007-0155-1>.
- Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Williams, I.S., Hackspacher, P.C., Fetter, A., Dantas, E.L., Babinski, M. 2003. The Seridó Group of NE Brazil, a late Neoproterozoic pre- to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence (TDM) ages. *Precambrian Res.*, 127: 284-327.
- Vaucher, A., Neves, S.P., Caby, R., Corsini, M., Egydio-Silva, M., Arthaud, M., Amaro, V. 1995. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 8(3-4): 247-266.